

ANEXO B – PROJETO DE ALÇAMENTO DA BARRAGEM BR

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 2/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

SUMÁRIO

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	OBJETIVO	3
3.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
4.0	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	7
5.0	CÓDIGOS, NORMAS E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS	18
6.0	ASPECTOS GEOLÓGICOS	19
7.0	INVESTIGAÇÕES GEOLOGICO-GEOTÉCNICAS	28
8.0	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	46
9.0	ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	129
10.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	132
11.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
12.0	EQUIPE TÉCNICA	137
APÊNDICE 138		

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 3/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

1.0 INTRODUÇÃO

A DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos foi contratada pela Mosaic Fertilizantes para elaborar o Projeto detalhado de Alçamento da Barragem BR para a elevação 1.210,0 m, localizada no município de Tapira, estado de Minas.

Neste relatório são apresentadas as informações disponibilizadas pela Mosaic e que foram utilizadas para definição do cenário base da estrutura em tela. Todo o desenvolvimento da consolidação dos dados foi feito a partir do cenário atual da barragem.

Todas as análises foram elaboradas considerando a condição atual da estrutura sob a luz das normas brasileiras e das melhores práticas de engenharia internacional.

2.0 OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar a consolidação dos dados geológicos, de ensaios geotécnicos de campo e laboratório e das respostas das instrumentações de controle existentes na Barragem BR. Ao final, estarão indicados os parâmetros de resistência e permeabilidade, bem como o modelo geológico/geotécnico que serão utilizados nos estudos subsequentes necessários ao desenvolvimento do projeto detalhado de alçamento da Barragem BR para a elevação 1.210,0 m.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos utilizados para o desenvolvimento do presente relatório estão apresentados na Tabela 3.1. Os documentos foram obtidos através de consulta ao sistema SGPSB, disponibilizados em visita técnica ou foram documentos desenvolvidos pela DF+.

Tabela 3.1 - Documentos de referência

Número do documento	Descrição
000-511-008	Sistema de Deposição de Rejeitos – Relatório Sobre o Projeto da Barragem BR (Paulo Abib Engenharia S.A. - 1983)
VG17-092-1-EG-RTE-0070	Revisão Periódica de Segurança de Barragem – VOG - 2018
FF61-RT-01-R0	Projeto Executivo Alçamento Cota 1205,5 m – Geoconsultoria - 2017
DF19-023-1-EG-RTE-0013	Projeto Conceitual - Diagnóstico de Barragens – DF+ - 2019
WBH122-17-MOSC106-RTE-0014	Auditoria Técnica de Segurança 1º Ciclo 2020 – Walm - 2020

**DETALHADO ALTEAMENTO
BARRAGEM BR EL. 1210 M****PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

4/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

Número do documento	Descrição
PAT-RT-LAB-1103.14-001	Ensaio de Laboratório – Pattrol - 2015
PAT-RT-SOND- 1097.14-002	Sondagem – Barragem BR – Pattrol - 2014
PAT-RT-SOND-040.2017	Sondagem à Percussão, Sondagem Mista e Sondagem à Trado – Barragem BR - Pattrol - 2017
PAT-RT-OSS.063-SOND-2018	Sondagem Mista – Barragem BR – Pattrol - 2018
PAT-RT-OSS097-SOND-2018	Sondagem à Percussão – Área Industrial – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-131-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-137-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-148-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
DF19-023-1-EG-RTE-0013	Diagnóstico da Barragem BR – DF+ - 2019
VG17-092-1-EG-RTE-0071	RPSB da Barragem BR – DF+ - 2019
FF28.03 - _PM05-R8 - _BR_18-11	Planilha com o histórico das leituras de instrumentação – Barragem BR – MOSAIC - 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 1 – CCC Topografia – Agosto de 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 3 – CCC Topografia – Agosto de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR SEÇÕES TRANSVERSAIS”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Seções – MOSAIC – Setembro de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR PLANTA”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Planta – MOSAIC – Setembro de 2019
WBH122-17-MOSC041-RTE-0017	Relatório Técnico “As Is” – Barragem BR – WALM – Abril de 2019
“Instrumentos barragens CMT 2019 atual”	Planilha com as coordenadas da instrumentação em operação na Barragem BR – MOSAIC - 2019
DF19-261-1-EG-RTE-0001	Projeto Conceitual – Barragens – Barragem BR – Risco Geológico, Estrutural e Sísmico – Relatório Técnico

**DETALHADO ALTEAMENTO
BARRAGEM BR EL. 1210 M****PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

-

5/137

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001**0**

Número do documento	Descrição
WBH122-17-MOSC041-DES-0027	Planta - Barragem BR: Instrumentação planta e quadro.
WBH122-17-MOSC041-DES-0028	Planta – CMT Barragem BR: Instrumentação seções
WBH122-17-MOSC041-DES-0076	Planta – CMT Barragem BR
WBH122-17-MOSC041-DES-0077	Planta – CMT Barragem BR – Investigações geológico-geotécnicas de referencias planta e quadro de locação
WBH122-17-MOSC041-DES-0078	Planta – CMT Barragem BR – Investigações geológico-geotécnicas de referencias planta e quadro de locação
WBH122-17-MOSC041-RTE-0017	Relatório Técnico “As Is” – Barragem BR – WALM – Abril de 2019
WBH122-17-MOSC061-DES-0001	Barragem BR – Investigação geológica-geotécnico de campo - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0003	Barragem BR – Limpeza de fundação - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0004	Barragem BR – Base topográfica- Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0005	Barragem BR – Arranjo geral - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0006	Barragem BR – Arranjo geral – Seções e detalhes
WBH122-17-MOSC061-DES-0007	Barragem BR –Drenagem interna– Seções e detalhes
WBH122-17-MOSC061-DES-0008	Barragem BR – Arranjo geral - Locação
WBH122-17-MOSC061-ETC-0001	Barragem BR – Especificação técnica investigação geológica-geotécnica
WBH122-17-MOSC061-ETC-0003	Barragem BR – Especificação técnica para construção de reforço
“ASBIULT BARRAGEM BR PLANTA”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Planta – MOSAIC – Setembro de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR SEÇÕES TRANSVERSAIS”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Seções – MOSAIC – Setembro de 2019
WBH122-17-MOSC061-DES-0012	Barragem BR – Planta e perfil – Dreno ombreira esquerda

**DETALHADO ALTEAMENTO
BARRAGEM BR EL. 1210 M**

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 6/137
	Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Número do documento	Descrição
WBH122-17-MOSC061-DES-0013	Barragem BR – Seções – Dreno ombreira esquerda
WBH122-17-MOSC070-RTE-0014	Barragem BR - Relatório de inspeção de segurança regular - Relatório de auditoria técnica de segurança - 2019

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 7/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

4.0 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

Como forma de ilustrar e exibir as principais características da barragem em estudo, são apresentadas as principais informações da Barragem BR (Tapira) a seguir.

4.1 HISTÓRICO

A Barragem BR foi concebida com a finalidade de contenção de rejeitos. O seu reservatório ocupa uma parcela considerável da área de drenagem da bacia, estando seccionado ao meio pelos rejeitos lançados na sua ombreira esquerda.

O projeto inicial do dique de partida e do primeiro alteamento foram elaborados pela Paulo Abib Engenharia, em 1982, atingindo a elevação de 1.180 m.

Segundo o relatório “Sistemas de Deposição de Rejeitos – Relatório” a respeito do Projeto inicial da Barragem BR, de número 000-511-008, elaborado pela Paulo Abib Engenharia, a Barragem BR está localizada no Córrego Boa Vista. Sua ombreira esquerda caracteriza-se por baixas declividades – de 8 a 10°, enquanto a direita apresenta topografia relativamente irregular, com declividades de até 45°.

O mesmo documento relata que a ombreira esquerda era recoberta por uma camada de argila coluvionar de 1 a pouco mais de 3 m de espessura, no entanto a abertura de trincheira para implantação do extravasor acabou por praticamente eliminar o solo coluvionar da área sob o dique inicial de argila.

Subjacente ao colúvio, existe o solo residual de Filito. O mesmo relatório relata que a capacidade de suporte deste material era considerada adequada ao apoio do dique inicial e maciço principal.

Na zona do canal do córrego, o grande problema era a ocorrência de aluviões argilosos de baixa consistência, cuja remoção era indispensável, tanto sob o dique inicial, como sob o maciço principal. Sua espessura chegava a atingir 8 m na margem esquerda.

Na ombreira direita, o solo residual tendia a aflorar. No relatório, foi relatada a preocupação com a existência de uma intercalação de quartzito de direção perpendicular ao eixo da barragem, de elevado coeficiente de permeabilidade em torno de 10^{-3} a 10^{-2} cm/s.

Quanto ao dique inicial, relatou-se que o solo coluvionar existente na ombreira esquerda foi selecionado para a execução do mesmo, face à sua boa compactabilidade e propriedades mecânicas.

Ainda com relação ao dique inicial, o o documento informa que a cota 1.160 foi escolhida para a crista do dique, tendo em vista propiciar um dimensionamento econômico do sistema extravasor. O material escolhido foi argila vermelha coluvionar, disponível localmente. A jusante do eixo, como material de preenchimento da escavação para limpeza de fundações, previu-se o emprego de magnetita proveniente da usina industrial. Segundo o relatório,

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

8/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

tratava-se de um material permeável da ordem de 10^{-3} cm/s e disponível a distância razoável da barragem. Este material foi estendido a jusante em todo o preparo de fundações, a fim de facilitar os trabalhos de alteamento.

É informado que foram projetados tapetes filtrantes de pedra britada, visando o alteamento da barragem até a cota 1.180,0 m. A fim de se evitar a colmatagem dos vazios da brita por partículas finas de solo local e magnetita a ser empregada no alteamento, foram projetadas transições granulométricas de pedrisco e areia, e mantas filtrantes de geotêxtil.

Para o alteamento, foi empregada a opção pelo método de linha de centro, onde no maciço de jusante, empregaria magnetita ciclonaada no corpo da barragem, enquanto à montante seriam lançados rejeitos de flotação hidraulicamente a partir da crista, por meio de “spigots”.

A Figura 4.1 apresenta uma imagem da seção principal utilizada na execução das análises de estabilidade e os parâmetros utilizados à época, enquanto na Figura 4.2 está apresentado o detalhamento da seção principal.

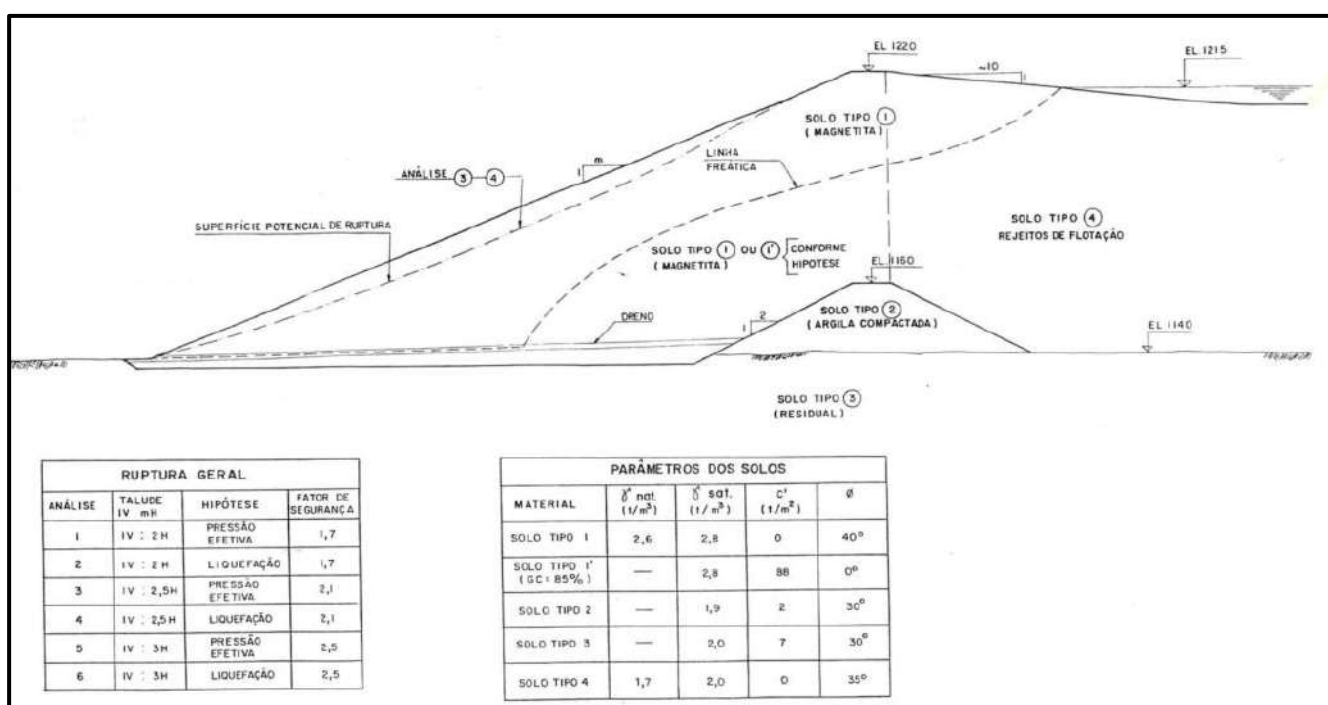


Figura 4.1 – Seção principal e resultados das análises de estabilidade (Paulo Abib, 1983)

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

9/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

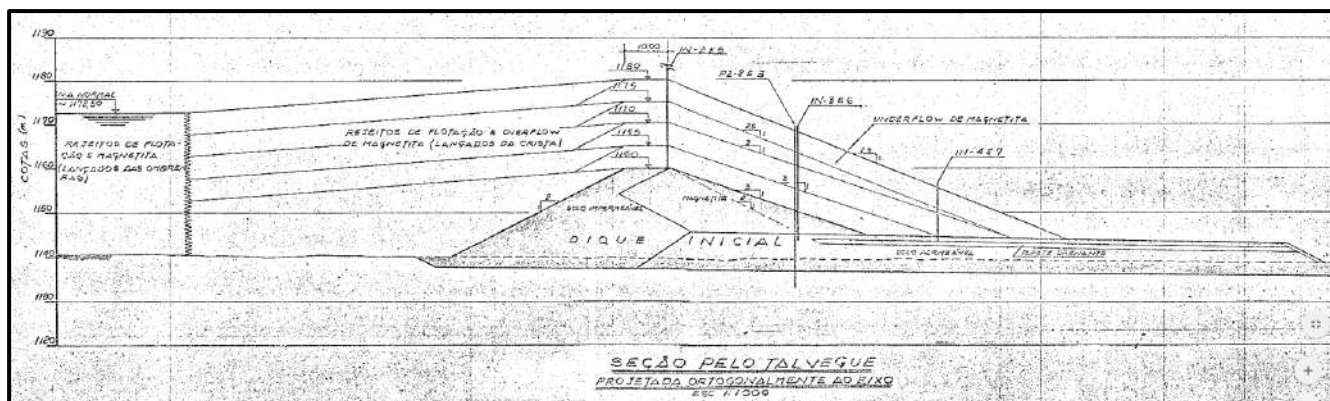


Figura 4.2 – Detalhamento da seção principal (Paulo Abib, 1983)

De acordo com o “Relatório Técnico *As Is*”, elaborado pela Walm em 2019 (WBH122-17-MOSC041-RTE-0017), à medida que o reservatório passou a ser ocupado, foram observadas movimentações na galeria extravasora, ocasionadas possivelmente pelas condições adversas da sua fundação e agravadas pelo período chuvoso durante sua construção.

O último alteamento realizado foi até a elevação 1.200 m, com projeto realizado pela Leme Engenharia, em 1998. Não foram encontrados documentos a cerca dos projetos deste alteamento. A Figura 4.3 apresenta uma imagem obtida pela Google Earth em maio de 2018, onde está apresentada a situação na barragem àquela época.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

10/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

Figura 4.3 - Barragem BR - Elevação 1.200,0 m (Fonte: Google earth, 2018)

A Geocontrole elaborou em 2017 o projeto detalhado para altear a Barragem BR até a elevação 1.205 m, porém a obra não foi executada. Ainda assim, muitas informações levantadas até o momento vêm sendo utilizadas do mesmo.

Em 2019 foi realizada a obra de reforço no pé da Barragem BR, para que a mesma atingisse os valores normativos de Fatores de Segurança preconizados na NBR 13.028:2017. A obra consistiu na construção de uma berma de reforço com enrocamento compactado até a elevação 1.150,0 m. Sobrejacente ao enrocamento, foram executadas camadas de magnetita compactadas até a elevação 1.160,0 m, transicionados por uma camada de brita 3, brita 0 e areia. A Figura 4.4 apresenta uma imagem de satélite da Barragem, obtida pelo Google Earth, datada de agosto/2019, após a execução do reforço.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

11/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

Figura 4.4 - Barragem BR - Elevação 1.200,0 m, após as obras de reforço (Fonte: Google earth, 2019)

Ainda em 2019, a DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos foi contratada pela MOSAIC Fertilizantes para elaborar os Projetos Conceitual e Executivo de Alçamento da Barragem BR, para as elevações 1.210 m e 1.230 m, respectivamente. Este relatório tem como objetivo levantar e consolidar todas as informações existentes a cerca desta estrutura para subsidiar a elaboração do projeto executivo para a elevação 1.210,0 m e posteriormente, 1230,0 m.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 12/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

4.2 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

O Complexo de Mineração de Tapira está localizado no Município de Tapira, oeste do Estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado, a partir da cidade de Belo Horizonte, pela BR 262 em direção ao Triângulo Mineiro até o trevo de Araxá. Partindo-se de Araxá, o acesso é feito pela rodovia MG-428, sentido Franca-SP, onde se toma a rodovia MGC-146 até a portaria do CMT. Na Figura 4.5 é apresentada a localização da barragem BR (Tapira), integrante do Complexo de Mineração de Tapira.

A Barragem BR foi implantada na cabeceira do córrego Boa Vista e encontra-se locada a montante da Barragem BD5. Tem como finalidade principal a contenção de rejeitos, sedimentos carreados da usina e mina no processo de beneficiamento do minério fosfático e captação de água para recirculação. Na Figura 4.5 é apresentada a localização da Barragem BR junto ao Complexo de Mineração Tapira.

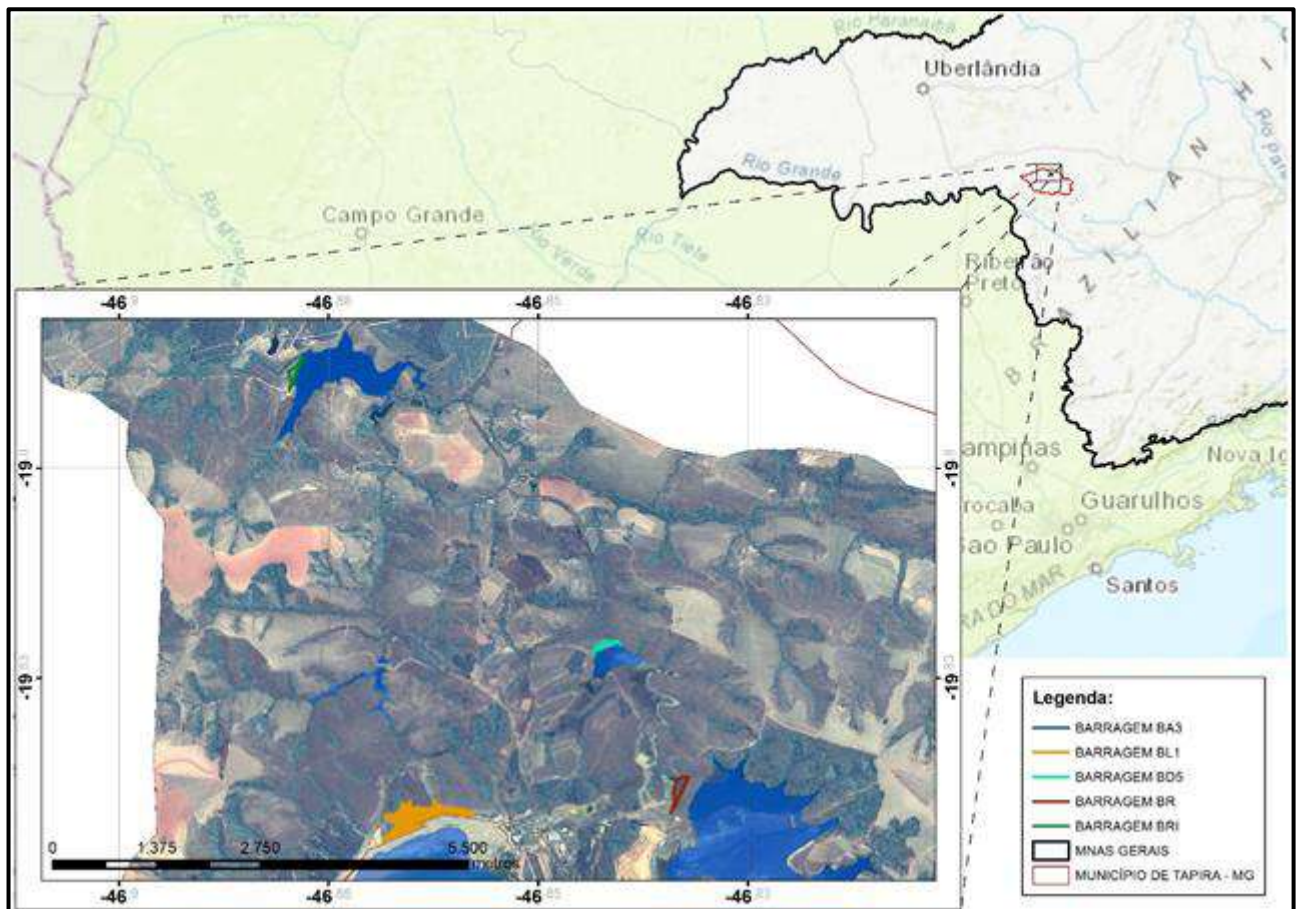


Figura 4.5 – Complexo de Mineração de Tapira - Barragem BR destacada na cor marrom (Fonte: VG17-092-1-EG-RTE-0070).

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 13/137	
	Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0	

A Figura 4.6 apresenta uma imagem de satélite da Barragem BR (Tapira) pertencente ao Complexo Minerado de Tapira, e a Figura 4.7, a locação dos lagos pertencentes ao seu reservatório. De acordo com o inventário básico obtido no SGPSB da MOSAIC, as coordenadas da estrutura são dadas por: 308.051,70 E / 7.805.242,31 N (sistema SIRGAS 2000).



Figura 4.6 – Barragem BR, estrutura pertencente ao CMT (Fonte: Google Maps, 2019).

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

14/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

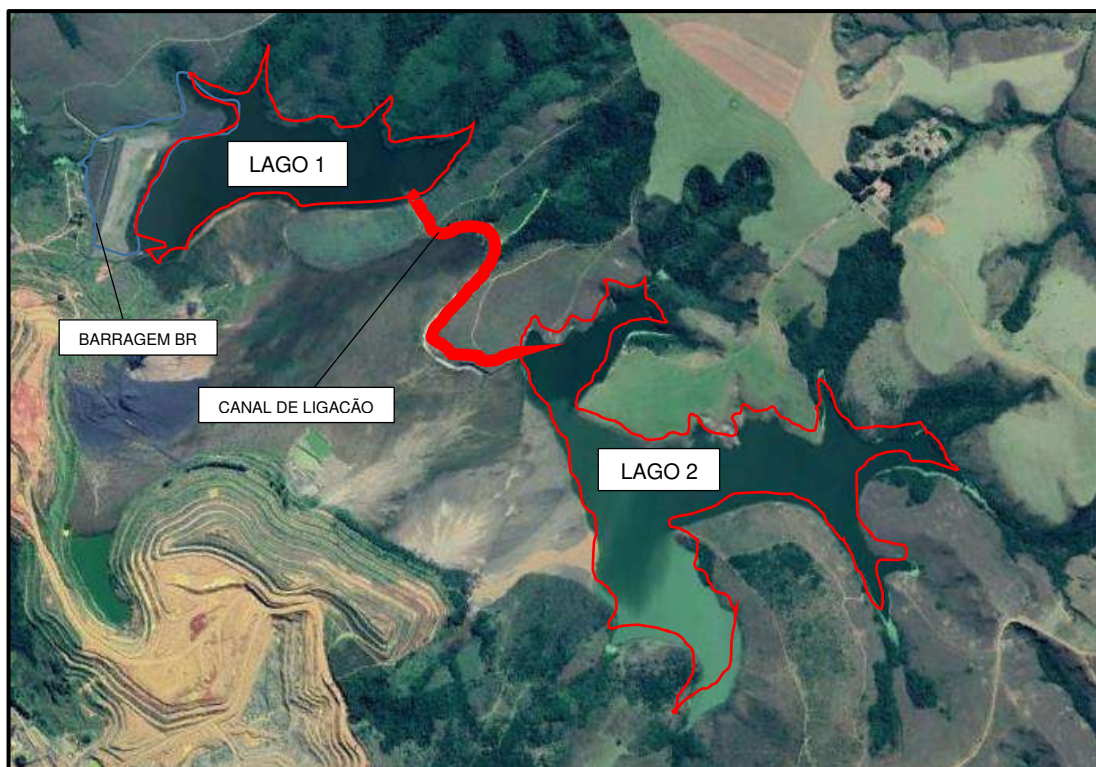
0

Figura 4.7 – Lagos pertencentes a estrutura da barragem BR (Fonte: Google Maps - Modificado).

4.3 FICHA TÉCNICA

De acordo com o apresentado na última RPSB elaborado pela VOG em 2018 (documento nº VG17-092-1-EG-RTE-0060), a barragem BR (Tapira) foi projetada com seção transversal mista, com a crista na EL 1.200 m, com aterro de 61 m de altura. A estrutura apresenta drenagem interna e o monitoramento é realizado por piezômetros, medidores de nível d'água, marcos superficiais, uma régua linimétrica e um pluviômetro.

A Tabela 4.1 resume as principais características da barragem considerando as devidas atualizações em relação a RPSB.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 15/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Tabela 4.1 – Ficha Técnica da Barragem.

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO	
Dados Gerais	
Finalidade	Contenção de rejeitos e captação de água
Empresas projetistas	- Dique Inicial: Paulo Abib Engenharia (1982) - Alteamento cota 1180m: Paulo Abib Engenharia (1982) - Alteamento cota 1200m: Leme (1998) - Reforço: Walm (2019)
Construção – Etapas	Maciço Inicial / Alteamentos
Data de Construção	1982/1998
Cota da Crista	El. 1200 m
Extensão atual do coroamento	570 m
Altura Máxima	61 m
Volume atual do Reservatório	80.000.000 m ³
Tipo de Seção	Mista
Drenagem Interna	Tapete drenante e dreno de fundo
Drenagem Superficial	Não possui dispositivos implantados
Instrumentação	1 piezômetro, 13 indicadores de nível de água, 2 medidores de vazão, 14 drenos de encosta, 11 marcos superficiais, 1 régua, 1 pluviômetro e 1 evaporímetro
Hidrologia / Hidráulica	
Área da Bacia	15,67 km ²
Tempo de Concentração	1,23h (Lago 1), e 0,53h (Lago 3)
Precipitação de Projeto	204,77 mm
Cheia de Projeto	TR 10.000 anos
Vazão Máxima Afluente	198,31 m ³ /s
Vazão de Projeto	22,36 m ³ /s
NA Normal Operacional	1.192,8 m
NA Máximo Maximorum	1.194,54 m
Borda Livre (NA _{max, Maximorum})	5,46m
Estruturas Vertentes	
Vertedouro Operacional	Extravasar soleira livre e canal escavado em solo.

4.4 OPERAÇÃO DA ESTRUTURA

Segundo o “Plano Diretor de Disposição de Rejeitos de Tapira – Estudo Conceitual – Preliminar”, elaborado pela Geoconsultoria em 2018, documento FF60-RT-02, a operação da planta de concentração de Tapira gera atualmente os seguintes fluxos: concentrado, rejeitos de flotação, rejeitos de flotação ultrafinos, lamas naturais e geradas, e rejeitos magnéticos (magnetita).

As lamas e os rejeitos ultrafinos são bombeados e depositados no reservatório da barragem BL-1. Os rejeitos magnéticos são bombeados e depositados no reservatório da barragem BR.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 16/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Os rejeitos de flotação são parcialmente depositados na barragem BL-1, para uso no alteamento da mesma, e o restante é bombeado e depositado no reservatório da barragem BR.

O documento apresenta a previsão de geração de rejeitos e lamas entre os anos de 2018 e 2056. De forma sucinta, os volumes previstos são:

- Lamas + Ultrafinos: 190,5 Mm³
- Magnetita: 20,6 Mm³
- Rejeitos: 152,6 Mm³

É informado no relatório que, de todos os fluxos de rejeitos e lamas indicados, a disposição das lamas seria a mais complicada, e a disposição da magnetita a mais simples.

No caso das lamas, por serem materiais muito finos, apresentam baixas taxas de adensamento, com maior dificuldade de clarificação da água liberada, não servindo como material de construção, além de serem dificilmente desaguadas.

A magnetita, ou rejeitos magnéticos, são mais grosseiros, densos, servem como material de construção, são drenantes, adensam facilmente e podem ser empilhados, mesmo que não sejam filtrados, dada sua elevada condutividade hidráulica.

Os rejeitos seriam intermediários, entre as lamas e a magnetita, mas próximos desta última, por serem mais grosseiros que as lamas. Quando ciclados permitem que o underflow seja utilizado como material de construção. Por serem drenantes, podem ser empilhados e compactados, não necessitando de filtragem. Sem ciclagem também podem ser desaguados, mas com processo de filtragem. No caso de ciclagem, o overflow tem características próximas das lamas, mas ainda melhores que estas, sendo geralmente utilizado para a formação de praias nos alteamentos das barragens por linha de centro ou de montante.

No caso da Unidade de Tapira, o documento conclui que os reservatórios das barragens deveriam ser preferencialmente destinados para as lamas. Os rejeitos poderiam ser ciclados, o underflow empilhado e o overflow ficariam junto às lamas ou os mesmos poderiam ser filtrados e empilhados. A magnetita poderia ser apenas desaguada e empilhada.

A partir destas considerações, o documento pondera que a diretriz do plano diretor de rejeitos da unidade Tapira poderia ser conceituada da seguinte maneira:

- As lamas deveriam ser depositadas nos reservatórios das barragens BL-1 e BR;
- os rejeitos poderiam ser dispostos no reservatório da futura barragem BL-3, ou filtrados e empilhados; e,
- A magnetita deveria ser desaguada e empilhada.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 17/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Ainda de acordo com o que foi informado no documento, foram simulados os enchimentos dos reservatórios das barragens BL-1 e BR, considerando declividades das praias emersas e submersas e deixando-se ainda um volume de água livre para clarificação do efluente, e um volume livre, para laminação de cheias de projeto, com o seguinte resultado.

- Até 2020 seria implantado o sistema de bombeamento das lamas para a cabeceira do reservatório da barragem BR (ou até mesmo ser adiado, para 2028, isso ainda seria discutido).
- Aproximadamente neste mesmo período seria ampliada a praia da barragem BR, com a disposição dos rejeitos de flotação. A captação deverá ser mudada de posição, passando para a ombreira direita, próxima do emboque do canal extravasor.
- A barragem BL-3 seria construída e disponível para operação até o final de 2020. A partir do início de 2021, o reservatório seria utilizado para acomodação dos rejeitos de flotação.
- Neste mesmo período (entre 2018 e 2020) os rejeitos de flotação seriam ciclados e utilizados para alteamento da barragem BL-1, tanto da parte jusante como da parte da praia. Estava previsto que o alteamento do maciço central da barragem seria executado, na sua maior parte, com magnetita escavada nas pilhas atuais.
- A barragem BR deveria ser avaliada para ter sua crista alteada até a cota 1.230 m, ou seja, 10 m a mais que o previsto inicialmente. Este alteamento visa ganhar maior volume de reservação, para acomodar as lamas e o estudo desta implantação deve considerar a posição dos pés das pilhas de estéril no entorno do reservatório.
- A barragem BL-1, alteada até a cota 1.225 m, terá capacidade de armazenamento de 59,2 Mm³, com simulação de assoreamento do reservatório adotando-se inclinação média das praias de 0,2%.
- A ampliação da praia da BR atual demandará cerca de 4 Mm³ de rejeitos. Para o alteamento da barragem BL-1, para a cota 1225 m, a demanda de rejeitos de flotação será de cerca de 2 Mm³. Assim, até 2020, seriam necessários 6 Mm³ de rejeitos de flotação, o que, pela tabela apresentada no relatório conceitual de disposição, corresponderia até meados de 2019, restando ainda cerca de 6 Mm³ para serem dispostos no reservatório da barragem BR.
- A barragem BR, alteada até a cota 1220 m, terá capacidade de armazenar cerca de 112,5 Mm³, dos quais deverá ser descontado o volume de cerca de 10 Mm³, que será ocupado com rejeitos, restando então cerca de 102,5 Mm³ para ser ocupado com lamas.
- Com este cenário de alteamentos e simulação de enchimento dos reservatórios, e considerando a ocupação das barragens BL-1 e BR com lamas, o volume disponível para o assoreamento seria de 161,7 Mm³. No estudo apresentado, a previsão de geração de lamas, em termos de volumes de assoreamento, é de 190,5 Mm³, ou seja, há um déficit de 28,8 Mm³, que se espera ser compensado com o alteamento da barragem BR até a cota 1230 m, ou próximo deste valor. Com isto, as lamas poderão ser armazenadas nas barragens BL-1 e BR durante a vida útil prevista do empreendimento.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 18/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

- A barragem BL-1, para a cota 1.225 m, operaria acumulando as lamas, entre 2018 e 2029. A partir deste ano, o reservatório poderia permanecer adensando, com pequeno acúmulo de água, servindo para suprimento da planta de concentração.
- A barragem BL-3, conforme a simulação de ocupação do reservatório, poderia acomodar cerca de 73,2 Mm³. Adicionando-se a este valor o volume previsto de ser utilizado no alteamento da barragem BL-1 e na formação da praia da barragem BR, de 11,8 Mm³, resulta o valor total de 85,0 Mm³. Segundo o estudo, este valor mostra que a barragem BL-3 operaria até 2038.
- Pelo estudo apresentado, o volume total de rejeitos será de 152,6 Mm³, ou seja, haverá um déficit de 67,5 Mm³, já descontado o volume de 11,8 Mm³ que será depositado na barragem BL-1 (para alteamento) e na barragem BR (para formação da praia).
- A partir de 2038, quando se esgotar a capacidade de armazenamento dos rejeitos na barragem BL-3, os rejeitos poderiam ser empilhados no reservatório da barragem BL-1, que estaria “em repouso” desde 2030. Estima-se que a espessura da pilha a ser formada, sobre a superfície das lamas, será entre 10 e 15 m, pelo período de cerca de 20 anos.
- Para o empilhamento, os rejeitos poderão ser ciclizados ou filtrados. No caso de filtragem, toda a massa seria empilhada. No caso de ciclização, buscando-se a máxima partição para o underflow, o overflow deveria ser disposto com as lamas no reservatório da barragem BR ou nas próprias cabeceiras da barragem BL-1. Se a partição para o underflow for de 80% em massa, restariam 13,5 Mm³ de overflow para disposição.
- A magnetita será empilhada parte na área onde atualmente já está empilhada, no vale que deságua a mina e próximo aos escritórios, e parte a jusante da barragem BR, como reforço da mesma, prevendo-se ciclização da magnetita apenas para desaguamento e não classificação.

5.0 CÓDIGOS, NORMAS E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS

Este documento deverá considerar a última edição dos códigos e normas citados a seguir, além das leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

NBR 6484/2001	Solo – Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio
ABGE/2013	Manual de Sondagens da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, Boletim nº 3, 5ª Ed
NBR 7181/2016	Solo - Análise granulométrica
NBR 6490/2016	Reconhecimento e Amostragem para fins de Caracterização de Ocorrência de Rochas
NBR 13441/1995	Rochas e solos – Simbologia.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 19/137	
	Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0	

NBR 14545/2000 Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável

6.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Abaixo são descritas as informações regionais referentes à geologia e sismicidade, que foram obtidas por meio de pesquisa bibliográfica e de trabalhos anteriores. Cabe ressaltar que essas informações são importantes para compreensão e análise de dados geológico-geotécnicos e influência na estabilidade da estrutura.

6.1 GEOLOGIA REGIONAL

A região de Tapira pertence a Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, que está inserida na margem continental da Faixa Brasília, delimitada a sudoeste pela Bacia do Paraná e a nordeste pelo Cratón São Francisco. Esta Província é constituída por um conjunto de rochas kamafugíticas, kimberlíticas e carbonatíticas que ocorrem como complexos plutônico, diques, pipes, plugs, diatremas, derrames de lavas e depósitos piroclásticos (Brod et al. 2004).

A Figura 6.1 apresenta o mapa geológico da Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, exibindo diversas intrusões, em destaque, a de Tapira, em vermelho, e Araxá, Salitre, Serra Negra e Catalão I e II, em azul.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

20/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

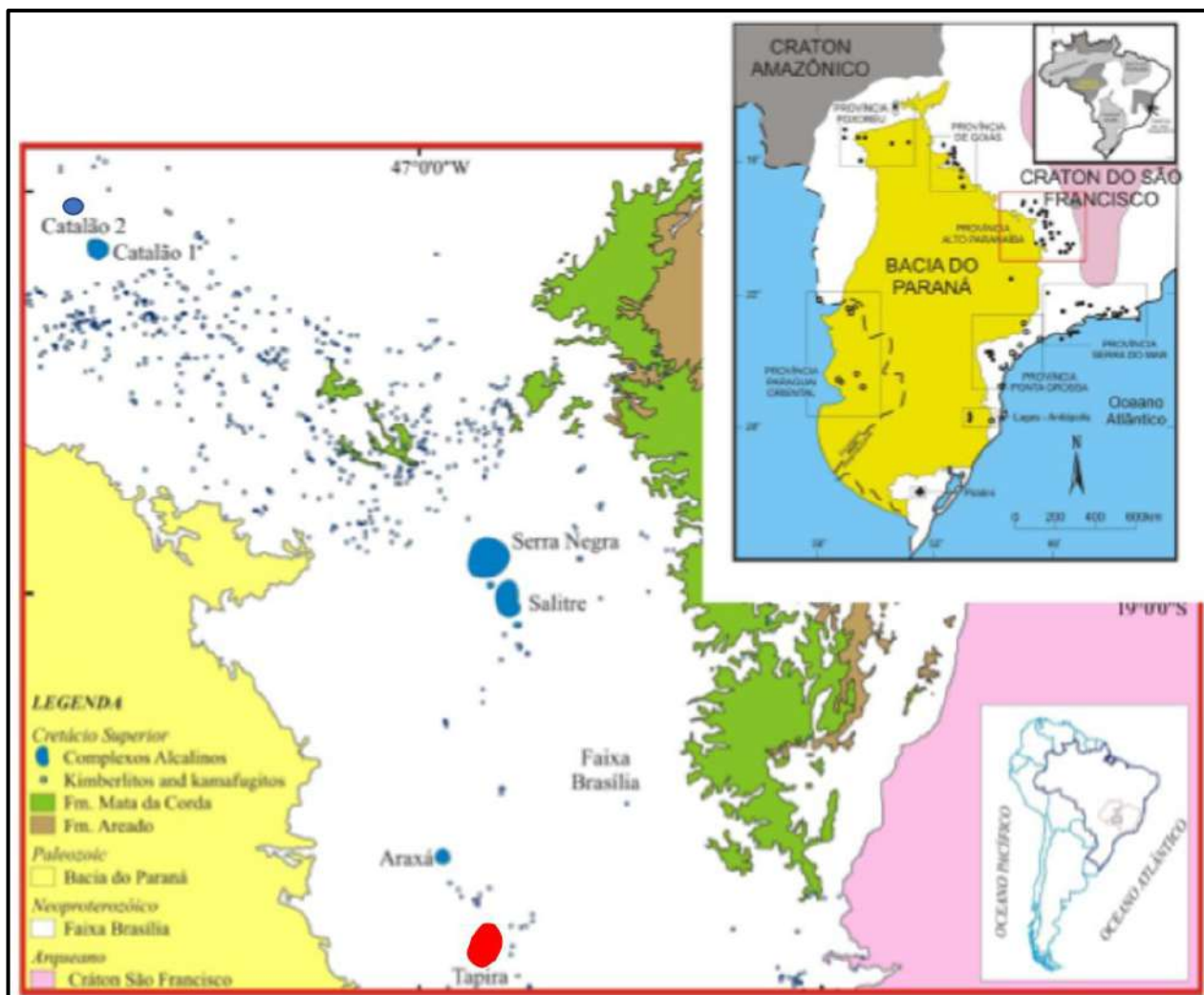


Figura 6.1 - Mapa geológico da Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, exibindo os domos intrusivos alcalinos. Complexo de Tapira, em vermelho, e os demais Complexos da Província em azul (Modificado de Jácomo, 2010).

Os Complexos plutônicos Alcalinos-Carbonatíticos de Tapira, Araxá, Catalão I e II, Serra Negra, Salitre I, II e III, segundo Gibson et al. (1995) possuem idade Cretáceo Superior e tem sua origem atribuída à influência do magmatismo oriundo dos impactos de plumas mantélicas na base da litosfera subcontinental. As intrusões desses complexos estabeleceram-se ao longo da feição denominada Arco do Alto Paranaíba e deformaram as rochas metassedimentares da Faixa Brasília, quase sempre gerando estruturas em domos (Brod et al., 2004).

Na Faixa Brasília, orógeno colisional produto da interação entre crátons com evolução tectônica ligada ao Evento Brasileiro, ocorre uma progressiva variação nos padrões estrutural e metamórfico nas unidades litológicas, sendo mais deformadas em direção a Oeste (Valeriano et al., 2004b). Tem sido sugerida, por alguns autores, uma divisão na Faixa em

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

21/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

Zona externa e interna devido à evolução da deformação e do grau metamórfico (Dardenne, 2000; Simões e Valeriano, 1990; Fuck, 1994, Valeriano et al., 2004b).

A Zona Externa é composta por unidades metassedimentares dos Grupos Paranoá, Canastra, Ibiá, Vazante e, localmente, o Bambuí e porções do seu embasamento arqueano paleoproterozóico (Dardenne, 2000; Faria 1995; Guimarães 1997, Silva, C. H., 2003). Predominam nesta zona as fácies sedimentares correspondentes à margem passiva, e o metamorfismo é de fácies xisto verde (Silva, C. H. 2003). A Zona Interna é constituída por sucessões metassedimentares e metavulcanossedimentares do Grupo Araxá e Andrelândia incluindo fácies de plataforma distal, rochas metaultramáficas de assoalho oceânico, e o metamorfismo é de fácies xisto verde superior chegando a granulito.

A Figura 6.2 exibe a estruturação da Faixa Brasília apresentando seu contexto geológico regional.

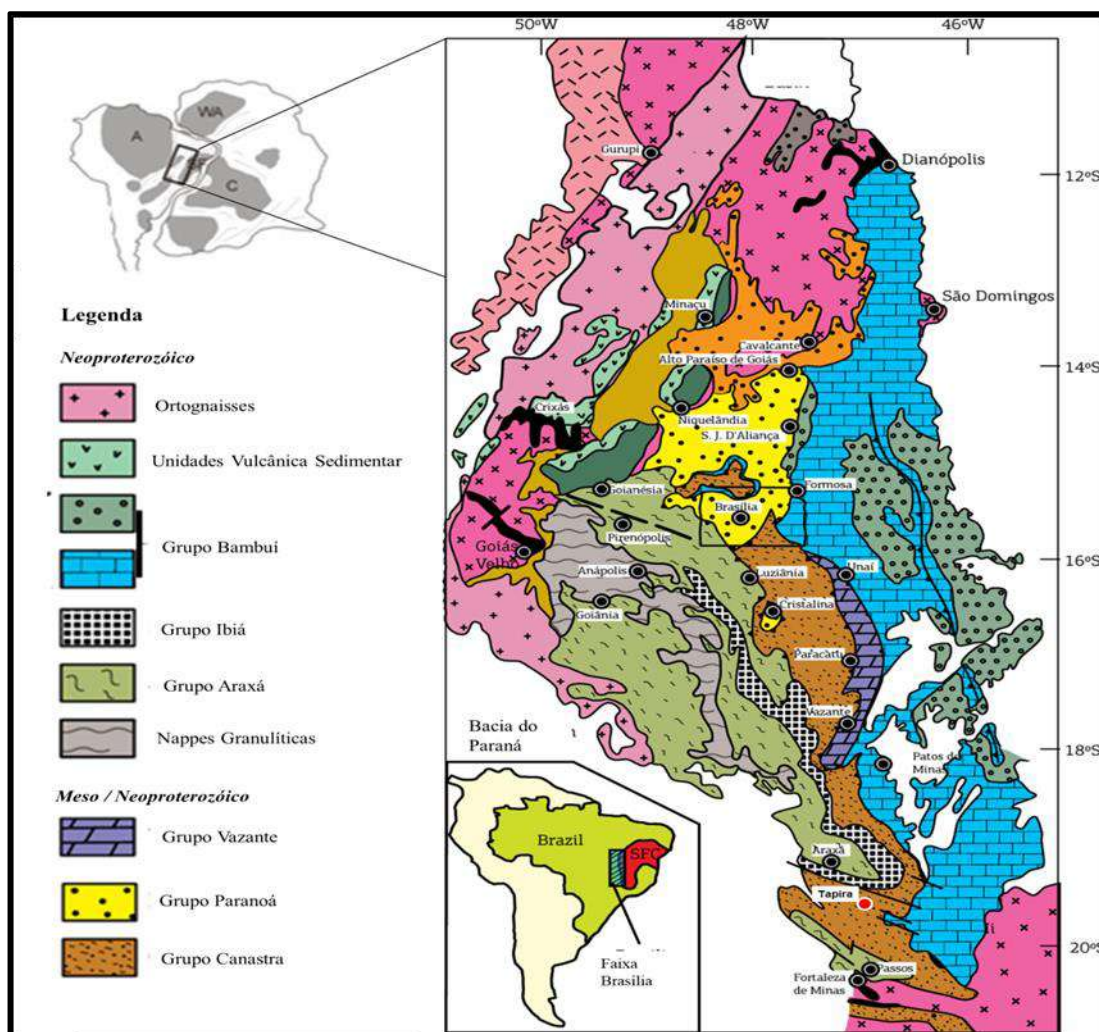


Figura 6.2 - Compartimentação geológica da Faixa Brasília (Modificado de Valeriano et al. 2000).

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 22/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

6.2 GEOLOGIA LOCAL

Tapira é o mais meridional dos complexos carbonatíticos da província, localizado no município de Tapira, estado de Minas Gerais, a sudoeste do Cráton São Francisco e está inserido no contexto geológico da porção sudoeste da Folha Araxá (SE.23Y-C-VI). A região de Tapira encontra-se no sudoeste do estado de Minas Gerais, na porção compreendida entre as serras da Canastra a sul e da Bocaina a norte, inserida no Bioma cerrado.

A Figura 6.3 apresenta o Complexo Minerário de Tapira pertencente à MOSAIC. O Complexo está inserido na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto do Paranaíba, no estado de Minas Gerais. Localizado a aproximadamente 37 km a sudeste da cidade de Araxá, por ligação rodoviária e a uma distância da ordem de 400 km a oeste de Belo Horizonte.

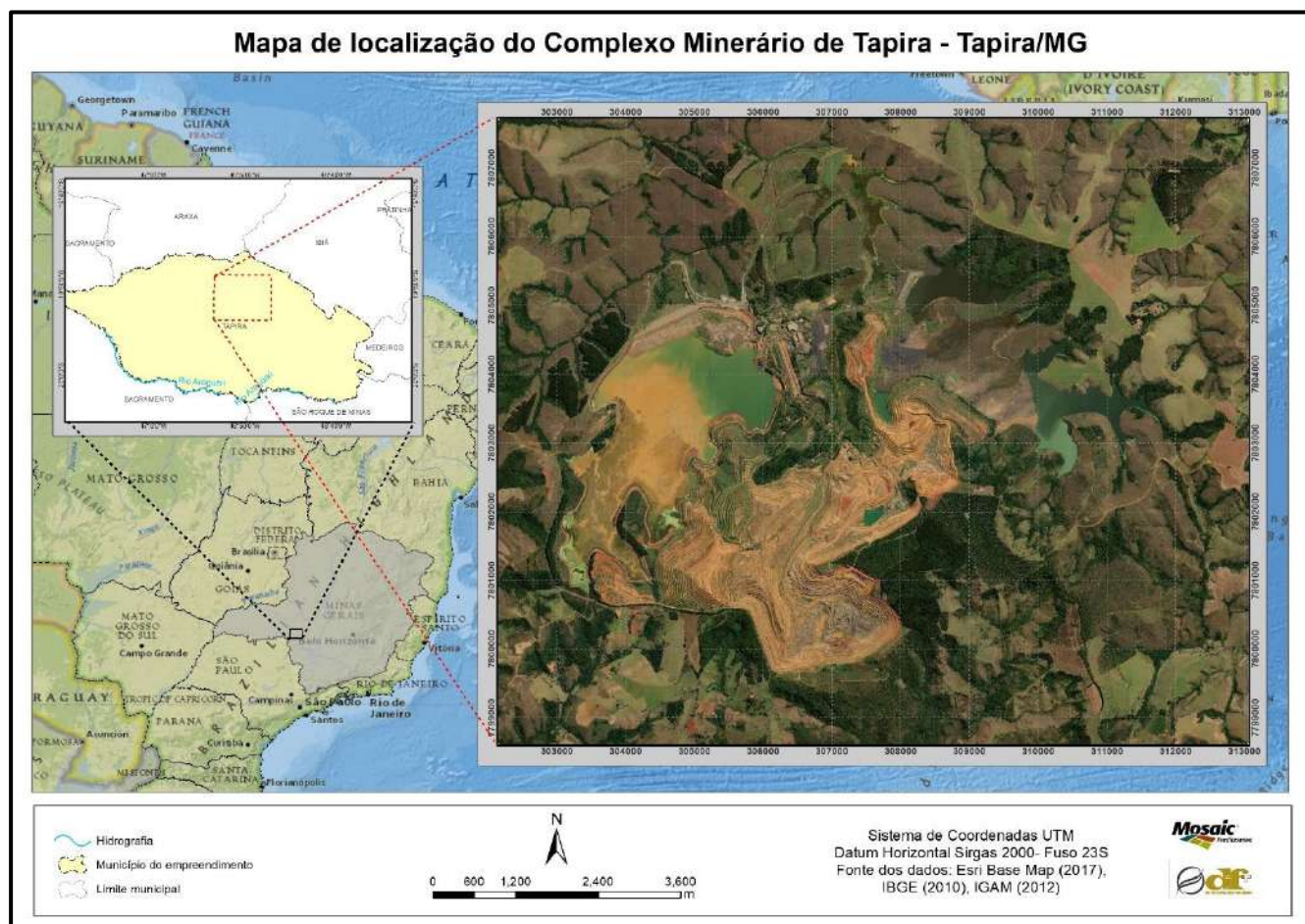


Figura 6.3 – Mapa de localização do Complexo Minerário de Tapira, pertencente ao Município de Tapira-MG.

O Complexo Tapira é uma intrusão multifásica resultado da amalgamação de intrusões de magma ultramáfico, carbonatito e sienito (Brod, 1999). O complexo é dominado por rochas ultramáficas representadas por dunitos, peridotitos, piroxenitos e bebedouritos encaixados,

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 23/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

comumente, em quartzitos, filitos e rochas carbonáticas e carbonáceas do Grupo Canastra (Dardenne, 2000).

O Grupo Canastra representa parte de uma bacia de margem passiva aberta no fim do mesoproterozóico com rochas que afloram em uma faixa de mais 650 km, com intensa deformação. De acordo com as grandes zonas de cisalhamento presentes na área, Silva (2003) e Silva et al. (2004) compartimentaram a área de Tapira em três domínios tectonoestruturais, descritos a seguir.

O Domínio Oeste (DW) é marcado por uma predominância de xistos e quartzitos e rochas metamáficas, metaultramáficas e gnáissicas subordinadamente, recobertas pelas rochas da Bacia do Paraná. Neste domínio ocorrem duas escamas, sendo a escama 1 pertencente ao grupo Canastra e a escama 2 ao grupo Araxá. O limite Leste deste domínio DW é marcado pela ZC Alto Araguari. No Domínio Leste (DE) são identificados xistos, com intercalações de quartzitos, quartzo xistos e rochas metaultramáficas que se sobrepõem, devido à falha de empurrão. No Domínio Leste ocorrem três escamas, a escama inferior e intermediária, pertencentes ao grupo Canastra; e a escama superior, pertencente ao grupo Araxá. As rochas do DE são separadas do Domínio Sul (DS) pela ZC Canastra. O DS é marcado por uma predominância de rochas metapsamíticas, com feições sedimentares preservadas que definem o alto topográfico marcado pela Serra da Canastra.

Na Figura 6.4 é apresentado o mapa geológico da região de Tapira segundo Silva (2003) compilado de Valeriano et al., (2004a). Discrimina-se as seguintes litologias: Domínio Oeste (DW), Escama 2: (1) Grupo Araxá. Escama1: (2) Grupo Canastra - granada-muscovita xisto com porções grafitosas e com frequentes intercalações de quartzitos micáceos. Domínio Leste (DE), Escama Superior (3) Grupo Araxá - granada-mica xisto com intercalações de granada-quartzo xisto e rochas metaultramáficas; Escama Intermediária (4) Quartzitos com intercalações de quartzo xisto e muscovita xisto; (5) Granada-mica xistos com intercalações granada grafito xistos, granada quartzitos e albita-granada mica xisto; mica xistos e quartzo xistos com intercalações métricas de quartzitos, localmente com lentes métricas de mármore (azul escuro). Escama Inferior (6) quartzitos; (7) quartzo-muscovita xistos/filitos com intercalações de quartzito e níveis feldspáticos; grafito-muscovita xistos/filitos com intercalações de quartzitos micáceos e muscovita-quartzo xistos; quartzo-muscovita xistos/filitos, com lentes e camadas decimétricas a métricas de quartzitos. Grupo Bambuí (8) Filitos e ardósias com lentes métricas de mármore. Domínio Norte, (9) Filitos/xistos sericíticos (10) Quartzitos puros a micáceos. Domínio Sul, (11) Metarenitos com intercalações de quartzo filito, quartzitos micáceos, filitos e metaconglomerados. (12) Quartzo-muscovita xistos, metarenitos bandados.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

24/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

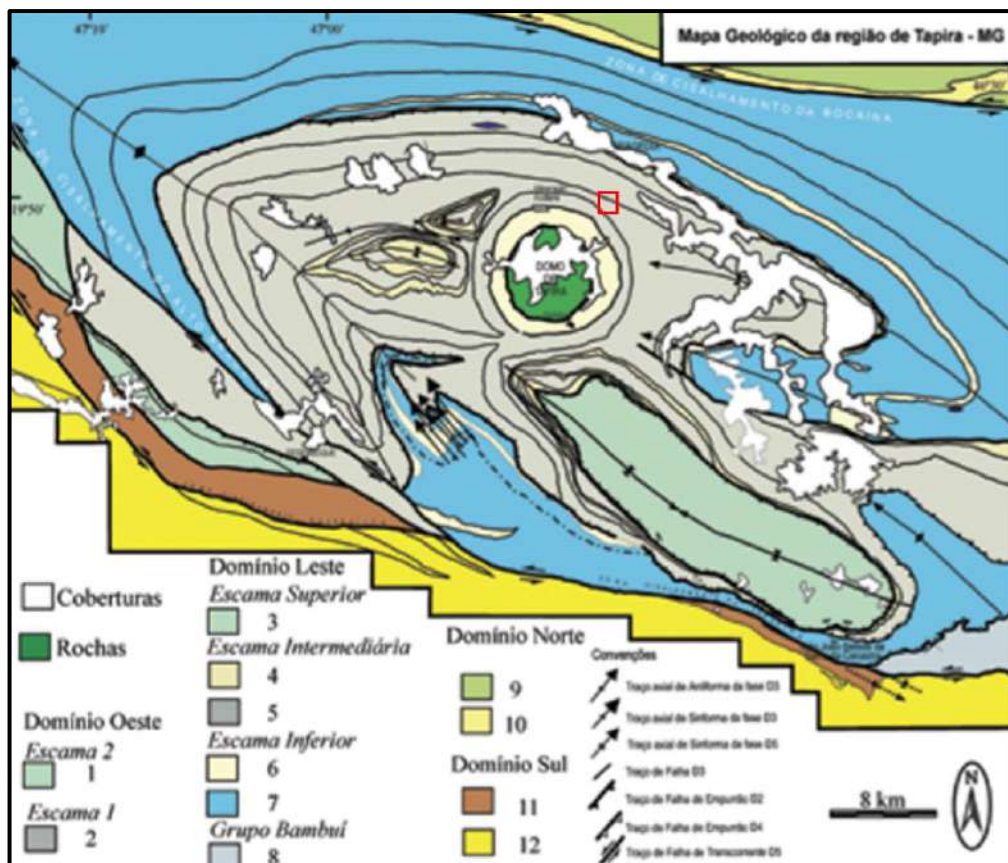


Figura 6.4 - Mapa geológico da região de Tapira com destaque para a região da Barragem BR (modificado de Valeriano et al., 2004a).

A Figura 6.5 mostra a Barragem BR, localizada na cabeceira do córrego Boa Vista e a montante da Barragem BD5, inserida no Complexo Minerário de Tapira.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 25/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

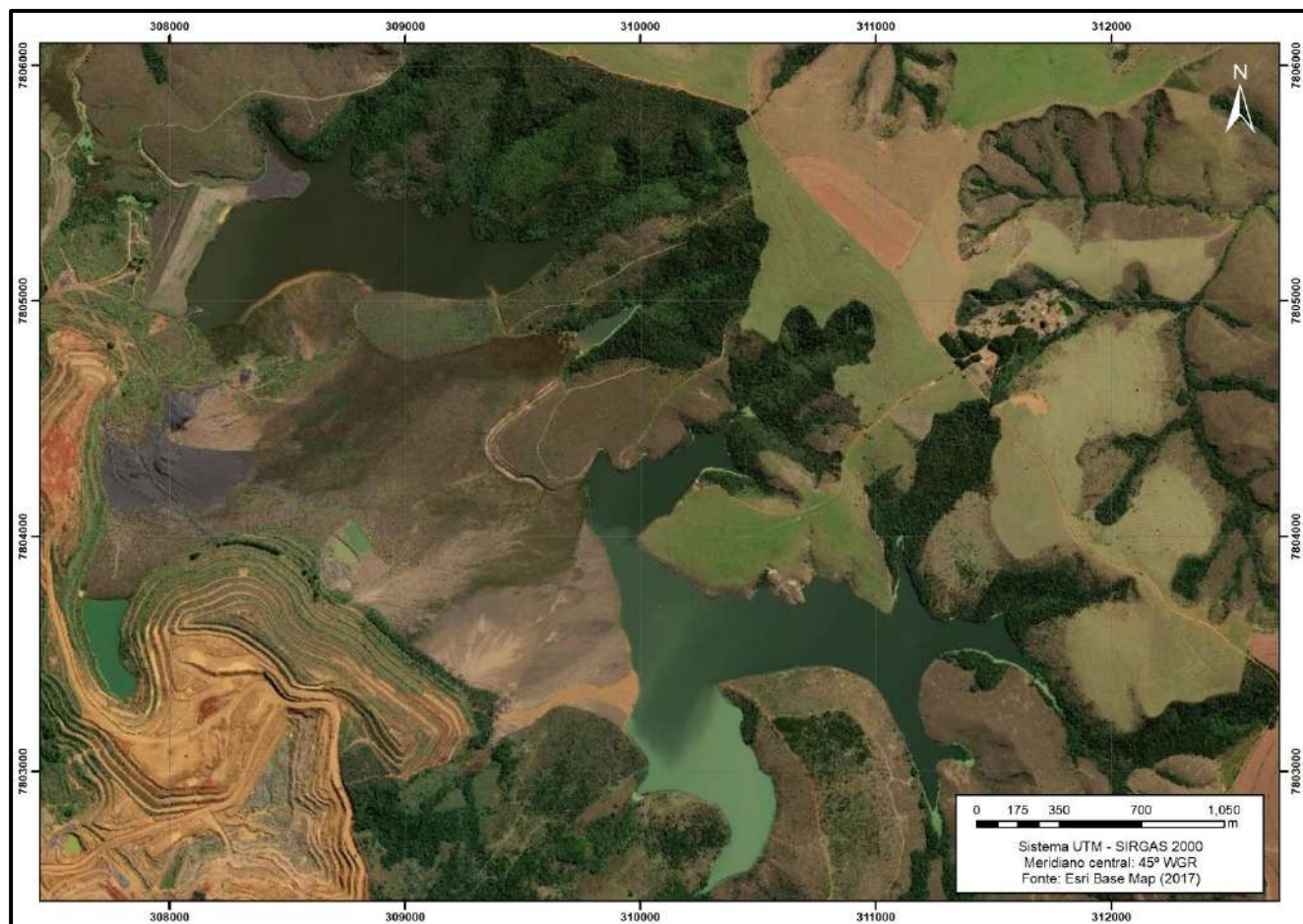


Figura 6.5 - Imagem da Barragem BR (Fonte: Google Earth, 2019).

6.3 SISMICIDADE REGIONAL

A estimativa da ameaça sísmica é de extrema relevância na engenharia geotécnica, uma vez que as diretrizes normativas (NBR 13.028:2017) recomendam avaliação da estabilidade física da estrutura perante à eventos sísmicos. Como a estrutura apresenta susceptibilidade ao fenômeno de liquefação (ver item 5.3.2 deste relatório), torna-se necessário avaliar o grau de segurança para evitar um possível gatilho ao fenômeno citado.

Para Oliveira e Marchioreto (2013), alguns sismos podem ser “induzidos” pela intervenção do homem na natureza. Contudo, sismos desta natureza registrados no Brasil possuem pequenas magnitudes. Os mesmos autores definem que, para ocorrências de sismos induzidos em reservatórios, o mecanismo aceito é o da percolação d’água a grandes profundidades, em planos de fraqueza do maciço rochoso subjacente ao reservatório, que estejam submetidos a estados críticos de tensão, ou seja, próximos à ruptura.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 26/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Portanto, a investigação das condicionantes geológicas é fundamental para se determinar o perigo sísmico nas áreas onde há grandes obras, como hidrelétricas e barragens de rejeito (Lopes, 2010).

De modo geral, o período mais crítico é justamente a fase de enchimento, pois trabalhos realizados em vários reservatórios têm mostrado o início de alguma atividade sísmica ou mesmo um aumento na sismicidade local durante a fase de execução ou após um breve período de sua finalização, em um intervalo de tempo de até 3 anos após o enchimento do reservatório, ou superiores (Ribotta, 2010).

De acordo com a ABNT NBR 13.028/2017, é recomendado a utilização do critério sugerido pela Canadian Dam Association (CDA), que indica a adoção da aceleração da gravidade resultante do Sismo Máximo Provável (MCE – Maximum Credible Earthquake) para análises pseudoestáticas.

Diante do exposto e levando em consideração o critério do CDA, deve ser utilizado um tempo de recorrência para o evento sísmico entre 2.475 e 10.000 anos, assim como os registros e bibliografia existente para o território nacional remete a um tempo de recorrência de 2.475 anos.

Pelo fato de não se ter leituras sísmicas representativas da região em que a Barragem BR (Tapira) está locada, optou-se pela análise por meio de carregamentos pseudoestáticos, aplicados nas direções horizontal e vertical, especificando o coeficiente de carga sísmica correspondente. Este método de análise é o recomendado pela ABNT NBR 13.028/2017.

A Figura 6.6 representa o mapa mais atualizado para o território brasileiro e foi desenvolvido por Assumpção et al. (2016) e publicado no Boletim nº 96/2016 da Sociedade Brasileira de Geofísica e que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

27/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

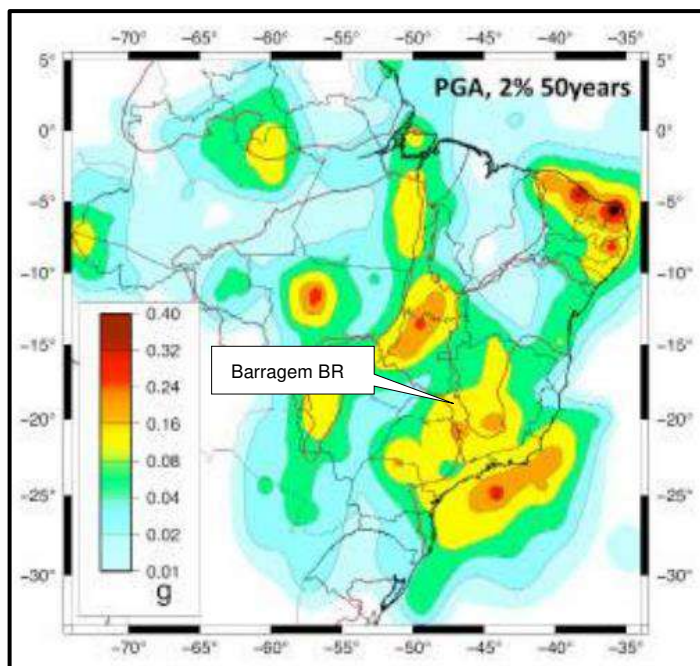
0

Figura 6.6 - Mapa de Ameaça Sísmica para acelerações de pico em rocha com destaque para a localização de BR (Tapira). Fonte: Boletim nº 96/2016 SGBf.

Uma observação importante é que, aparentemente, boa parte das barragens de rejeito no Brasil são projetadas para acelerações de 0,03 g ou 0,05 g, valores sugeridos por Eletrobrás (2003). A extensão das áreas verdes da Figura 6.6 sugere que estes valores precisariam ser revistos (Assumpção et al., 2016).

Portanto, com base nas informações apresentadas, a Barragem BR (Tapira) está localizada na região em que a aceleração está compreendida entre 0,08 e 0,16 g. Cabe ressaltar que a escala apresentada é regional e pode ser superestimada.

A United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC, 1508), dada a complexidade e nível de segurança em projetos nucleares, considera-se razoável a adoção do valor da aceleração horizontal de 0,10 g, valor este condizente ao intervalo de 0,08 g e 0,16 g, pelo que o mesmo foi adotado no presente trabalho.

Em relação aos movimentos verticais do terreno, ainda são poucos os dados disponíveis de modo que, na prática, os métodos de projeto se baseiam numa aceleração vertical de pico, a qual é assumida como sendo uma fração da aceleração horizontal de pico do terreno. Usualmente, utiliza-se o valor 2/3 da aceleração horizontal para a aceleração vertical (WERNER, 1976).

Portanto, foram adotados os valores de **aceleração horizontal de pico em rocha igual a 0,10 g** e **aceleração vertical de pico em rocha igual a -0,06 g** (aplicação da carga de baixo para cima).

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 28/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

7.0 INVESTIGAÇÕES GEOLOGICO-GEOTÉCNICAS

Neste item são descritas as informações utilizadas para definir as características geológico-geotécnicas dos materiais predominantes da Barragem BR. Para a consolidação dos parâmetros e elaboração das seções geológico-geotécnicas foram considerados os ensaios executados nas campanhas apresentadas a seguir.

7.1 CAMPANHAS DE INVESTIGAÇÃO

Este capítulo apresentará os ensaios geotécnicos, tanto de campo como de laboratório, utilizados para definir, juntamente com os aspectos geológicos indicados no capítulo anterior, as seções geológico-geotécnicas que representam o maciço da barragem BR. Para tanto foram consideradas sondagens mistas (SM), sondagens à percussão (SPT), ensaios de piezocone (CPT), além de ensaios de laboratório, descritas a seguir:

- Pattrol, campanha realizada em 2014 (relatório emitido em novembro do mesmo ano), para subsidiar o projeto de alteamento da Barragem BR para a cota 1.205,0 m, elaborado pela Geoconsultoria em 2017. O relatório, cujo número é PAT-RT-SOND-1097.14-002, apresenta os dados obtidos de 35 sondagens à percussão, 6 ensaios CPTu's, além de ensaios de infiltração e massa específica aparente "In Situ", com uso do frasco de areia. Ver Tabela 7-1 e Tabela 7-8.
- Pattrol, campanha realizada em 2014 (relatório emitido em janeiro de 2015), para subsidiar o projeto de alteamento da Barragem BR para a cota 1.205,0 m, elaborado pela Geoconsultoria em 2017. O relatório, cujo número é PAT-RT-LAB-1103.14-001, apresenta os dados obtidos da campanha de ensaios de laboratório realizadas em 3 poços de inspeção executados na praia de rejeitos, 2 poços de inspeção executados no maciço de magnetita e 5 poços de inspeção executados no terreno natural da ombreira esquerda e a jusante da barragem. Ver Tabela 7-11 e Tabela 7-12.
- Pattrol, campanha realizada em 2017, emitido em novembro de 2017 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-SOND.040.2017, apresenta os dados obtidos de 9 sondagens percussivas e 8 ensaios de infiltração. Ver Tabela 7-2.
- Pattrol, campanha realizada em 2018, emitido em agosto de 2018 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-OSS.063-SOND-2018, apresenta os dados obtidos de 4 sondagens mistas e 4 ensaios de infiltração, executados na praia de rejeitos e no maciço de magnetita. Ver Tabela 7-3.
- Pattrol, campanha realizada em 2018, emitido em janeiro de 2019 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-OSS097-SOND-2018, apresenta os dados obtidos de 3 sondagens percussivas executadas na área industrial. Ver Tabela 7-4.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 29/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

- Pattrol, campanha realizada em 2019, emitido em março de 2019 pela Pattrol. A DF+ não teve acesso ao relatório, mas sim dos resultados dos ensaios. Foram executados 7 ensaios CPTu's com dissipação de poropressão em diversos pontos, sendo estes executados tanto na praia de rejeitos quanto no maciço de magnetita. Ver Tabela 7-9.
- Damasco Penna, campanha realizada em 2019, emitido em abril de 2019 pela Damasco Penna. A DF+ não teve acesso ao relatório, mas sim do resultado do ensaio. Foi executado apenas 1 ensaio CPTu com ensaio de dissipação de poropressão em três pontos. O furo foi executado no maciço de magnetita. Ver Tabela 7-10.
- Pattrol, campanha realizada em 2019, emitido em outubro de 2019 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-SOND-137-2019, apresenta os dados obtidos de 1 sondagem percussiva e 2 sondagens mistas executadas, além de ensaios de infiltração. Ver Tabela 7-5.
- Pattrol, campanha realizada em 2019, emitido em outubro de 2019 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-SOND-148-2019, apresenta os dados obtidos de sondagens executadas na instalação de instrumentos, contabilizando 10 sondagens percussivas. Ver Tabela 7-6.
- Pattrol, campanha realizada em 2019, emitido em novembro de 2019 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-SOND-131-2019, apresenta os dados obtidos de sondagens executadas na instalação de instrumentos, contabilizando 4 sondagens mistas. Ver Tabela 7-7.

Tabela 7-1 – Sondagens existentes – Pattrol (2014).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SP 01	10,12	308.203,00	7.805.490,00	1195,644	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 02	10,45	308.165,00	7.805.398,00	1197,750	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 03	10,45	308.116,00	7.805.283,00	1198,120	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 04	10,45	308.047,00	7.805.122,00	1196,930	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 05	10,45	308.008,00	7.805.030,00	1197,630	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 06	15,45	308.137,00	7.805.409,00	1197,280	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04

**DETALHADO ALTEAMENTO
BARRAGEM BR EL. 1210 M****PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

30/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

SP 07	15,45	308.088,00	7.805.294,00	1197,630	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 08	15,45	308.019,00	7.805.134,00	1198,880	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 09	15,45	307.980,00	7.805.042,00	1199,660	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 10	10,45	307.980,00	7.804.949,00	1201,665	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 11	10,34	308.158,00	7.805.509,00	1193,965	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 12	20,45	308.118,00	7.805.417,00	1216,835	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 13	7,21	308.069,00	7.805.303,00	1200,103	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 13A	20,45	308.081,13	7.805.330,60	1200,131	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 14	16,4	308.000,00	7.805.140,00	1200,175	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 15	10,41	307.915,00	7.804.960,00	1202,435	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 16	6,23	308.137,00	7.805.519,00	1192,800	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 17	15,45	308.081,13	7.805.427,92	1181,290	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 18	20,45	307.993,00	7.805.253,00	1175,287	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 19	10,45	307.965,00	7.805.157,00	1179,715	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 20	10,3	307.916,00	7.805.069,00	1187,408	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 21	6,13	308.040,96	7.805.450,22	1169,084	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 22	20,45	307.999,00	7.805.333,00	1164,704	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 23	10,42	307.930,62	7.805.170,72	1173,007	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 24	10,45	307.934,57	7.805.221,77	1164,693	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 25	10,33	307.945,00	7.805.355,00	1148,695	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 26	4,4	307.945,00	7.805.355,00	1146,948	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP-27	10,40	307.900,0	7.805.392,0	1.145,4	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP-28 ⁽¹⁾	10,00	308.386,0	7.805.720,0	1.205,4	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP-29 ⁽¹⁾	10,00	308.348,0	7.805.580,0	1.206,2	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04

**DETALHADO ALTEAMENTO
BARRAGEM BR EL. 1210 M****PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

31/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

SP-30 ⁽¹⁾	10,00	308.185,0	7.805.574,0	1.205,3	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP-31 ⁽¹⁾	10,00	308.097,0	7.805.585,0	1.205,1	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002
SP-32 ⁽¹⁾	10,00	308.128,0	7.805.667,0	1.215,0	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002
SP-33 ⁽¹⁾	10,00	307.801,4	7.805.647,0	1.199,8	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002
SP-34 ⁽¹⁾	10,00	307.962,0	7.805.639,0	1.191,0	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002
SP-35 ⁽¹⁾	10,00	307.847,0	7.805.618,0	1.189,6	Possui log em formato PDF – PAT-RT-SOND-1097.14-002

1. Apesar da existência dos logs de sondagens no relatório PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04, o mesmo aplica as coordenadas e elevação dos furos a nomenclatura NF (Não Fornecido). Os dados de localização fornecidos neste relatório foram compilados do relatório “As Is”, elaborado pela Walm em 2019, cujo número é WBH122-17-MOSC041-RTE-0016 e na planta de locação de investigações do projeto de alteamento para a cota 1.205,00, elaborado pela Geoconsultoria em 2017.

Tabela 7-2 –Sondagens a percussão existentes – Patrol (2017).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SP- BR-36	2,25	308.354,393	7.805.722,570	1209,620	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-37	2,24	308.323,736	7.805.608,854	1211,477	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-38	2,1	308.194,463	7.805.596,272	1211,057	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-39	3,1	308.053,413	7.805.654,530	1206,406	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-40	1,15	307.766,90*	7.805.604,04*	1148*	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-41	11,25	307.888,844	7.805.427,407	1145,005	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-42	4,1	307.994,259	7.805.444,296	1158,915	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-43	4,15	307.923,280	7.805.365,809	1146,778	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-44	10,12	307.964,198	7.805.414,661	1144,996	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017

* Coordenadas de projeto e cota aproximada de curva de topo do mapa. Falta coordenada de fechamento

				DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO				Nº MOSAIC	PÁGINA
				-	32/137
				Nº (CONTRATADA)	REV.
				DF19-263-1-EG-RTE-0001	0

Tabela 7-3 – Sondagens mistas existentes – Pattrol (2018).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SM-01	20,22	307.956,62	7.805.051,00	1.200,08	Possui log em formato PDF - PAT-RT-OSS.063-SOND-2018
SM-03	17,45	307.966,31	7.805.157,72	1.180,25	Possui log em formato PDF - PAT-RT-OSS.063-SOND-2018
SM-04	50,03	308.037,24	7.805.220,08	1.199,82	Possui log em formato PDF - PAT-RT-OSS.063-SOND-2018
SM-06	20,45	307.964,92	7.805.252,75	1.164,05	Possui log em formato PDF - PAT-RT-OSS.063-SOND-2018

Tabela 7-4 – Sondagens à percussão existentes – Pattrol (2018).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SPT-01	15,45	308.408,01	7.804.720,96	1.208,12	Possui log em formato PDF - PAT-OSS.097.2018
SPT-02	15,45	308.565,98	7.804.781,02	1.200,04	Possui log em formato PDF - PAT-OSS.097.2018
SPT-03	15,45	308.626,93	7.804.886,08	1.197,54	Possui log em formato PDF - PAT-OSS.097.2018

Tabela 7-5 – Sondagens à percussão existentes – Pattrol (2019).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SP-01	15,45	307.943,39	7.805.308,88	NF	Possui log em formato PDF - PAT-SOND.137.2019-REV00
SM-03	8,45	NF	NF	NF	Possui log em formato PDF - PAT-SOND.137.2019-REV00
SM-04	4,45	NF	NF	NF	Possui log em formato PDF - PAT-SOND.137.2019-REV00

*NF-Não Fornecido

**DETALHADO ALTEAMENTO
BARRAGEM BR EL. 1210 M****PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

33/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

Tabela 7-6 – Sondagens percussivas existentes – Pattrol (2019).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SP-INA-101	28,27	308.063,48	7.805.421,06	1.176,05	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-INA-102	21,45	307.970,08	7.805.237,02	1.170,33	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-INA-103	45,26	308.009,29	7.805.226,61	1.188,84	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-INA-104	24,45	308.004,35	7.805.377,47	1.160,00	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-INA-105	18,45	307.973,03	7.805.307,45	1.159,92	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-PZ-101	31,11	308.065,08	7.805.426,39	1.177,16	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-PZ-106	27,06	307.971,57	7.805.240,83	1.170,55	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-PZ-107	29,07	308.006,05	7.805.380,83	1.160,07	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-PZ-108	23,12	307.971,33	7.805.302,99	1.159,88	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SR-PZ-109	47,30	308.011,48	7.805.230,36	1.188,84	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02

Tabela 7-7 – Sondagens mistas existentes – Pattrol (2019).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SM-PZ-102	50,00	308.049,90	7.805.357,86	1.182,19	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND.131-2019
SM-PZ-103	36,11	308.027,94	7.805.371,55	1.170,90	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND.131-2019
SM-PZ-104	45,18	308.016,10	7.805.286,76	1.181,12	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND.131-2019

				DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO				Nº MOSAIC	PÁGINA
				-	34/137
				Nº (CONTRATADA)	REV.
				DF19-263-1-EG-RTE-0001	0

SM-PZ-105	33,17	307.997,49	7.805.296,22	1.170,95	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND.131-2019
-----------	-------	------------	--------------	----------	--

Tabela 7-8 – CPTu's existentes – Pattrol (2014).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
CPTU - 02	11,95	308.163,73	7.805.398,69	1.197,84	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
CPTU - 03	17,95	308.117,80	7.805.281,69	1.197,86	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
CPTU - 04	11,95	308.045,64	7.805.122,64	1.197,01	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
CPTU - 05	7,60	308.006,88	7.805.030,87	1.197,72	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
CPTU - 07	17,95	308.089,82	7.805.293,04	1.197,65	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
CPTU - 09	8,90	307.978,44	7.805.043,09	1.199,69	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04

Tabela 7-9 – CPTu's existentes – Pattrol (2019).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
CPTU-1	56,40	308.109,96	7.805.334,04	1.198,827	Possui perfil. Doc. CPTU-01.xls datado de 03/2019
CPTU-2	45,70	308.081,96	7.805.350,52	1.200,210	Possui perfil. Doc. CPTU-02.xls datado de 03/2019
CPTU-3	33,35	308.040,68	7.805.361,57	1.175,062	Possui perfil. Doc. CPTU-03.xls datado de 03/2019
CPTU-4	25,20	308.005,11	7.805.375,19	1.159,966	Possui perfil. Doc. CPTU-04.xls datado de 03/2019
CPTU-5	13,30	307.979,50	7.805.385,62	1.149,436	Possui perfil. Doc. CPTU-05.xls datado de 03/2019

**DETALHADO ALTEAMENTO
BARRAGEM BR EL. 1210 M****PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

35/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

CPTU-6	36,20	308.020,01	7.805.287,96	1.180,001	Possui perfil. Doc. CPTU-06.xls datado de 03/2019
CPTU-7	19,45	307.982,96	7.805.298,16	1.163,906	Possui perfil. Doc. CPTU-07.xls datado de 03/2019

Tabela 7-10 – CPTu's existentes – Damasco Penna (2019).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
CPTU - 03	35,40	308.040,68	7.805.361,56	1.175,06	Possui perfil. Doc. CPTU-03.xls datado de 04/2019

Tabela 7-11 – Poços de investigação existentes - Pattrol (2014).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			OBSERVAÇÃO / RASTREIO
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
PI - 01	1,20 a 1,50	308.165,00	7.805.398,00	1197,750	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 02	1,20 a 1,50	308.008,00	7.805.030,00	1197,630	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 03	1,20 a 1,50	308.019,00	7.805.134,00	1198,880	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 04	1,20 a 1,50	308.081,13	7.805.427,92	1181,290	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 05	1,20 a 1,50	307.999,00	7.805.333,00	1164,704	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 06	2,15 a 2,45	307.980,00	7.804.949,00	1201,665	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 07	2,15 a 2,45	307.916,00	7.805.069,00	1187,408	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 08	2,15 a 2,45	307.930,62	7.805.170,72	1173,007	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 09	2,15 a 2,45	307.934,57	7.805.221,77	1164,693	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 10	2,15 a 2,45	307.945,00	7.805.355,00	1146,948	PAT-RT-LAB-1103.14-001

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 36/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

(1) Foram coletadas amostras indeformadas para realização de ensaios de caracterização, permeabilidade e resistência.

Tabela 7-12 – Tipos de ensaios por amostra - Pattrol (2014).

Amostra	Local	Material	Tipo de Amostra	Caracterização	Resistência
PI - 01	Praia de Rejeito	Rejeito de flotação silto arenoso cinza	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 02	Praia de Rejeito	Rejeito de flotação silto arenoso cinza	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 03	Praia de Rejeito	Rejeito de flotação silto arenoso cinza	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 04	Maçço de Magnetita	Areia média (magnetita)	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 05	Maçço de Magnetita	Areia média (magnetita)	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 06	Terreno Natural – Ombreira Esquerda	Silte argilo arenoso, marrom com partes amarelas	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 07	Terreno Natural – Ombreira Esquerda	Silte areno argiloso	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 08	Terreno Natural – Ombreira Esquerda	Argila silto arenosa	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 09	Terreno Natural – Ombreira Esquerda	Argila silto arenosa	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 10	Terreno Natural - Jusante	Silte areno argiloso amarelo	Deformada e Indeformada	X	X

7.2 SEÇÕES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS

A Figura 7.1 apresenta as sondagens consolidadas para investigação da Barragem BR e as devidas seções investigadas, Seção A, B, C, D, E, F, G e H, apresentadas da Figura 7.2 a Figura 7.9.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

37/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

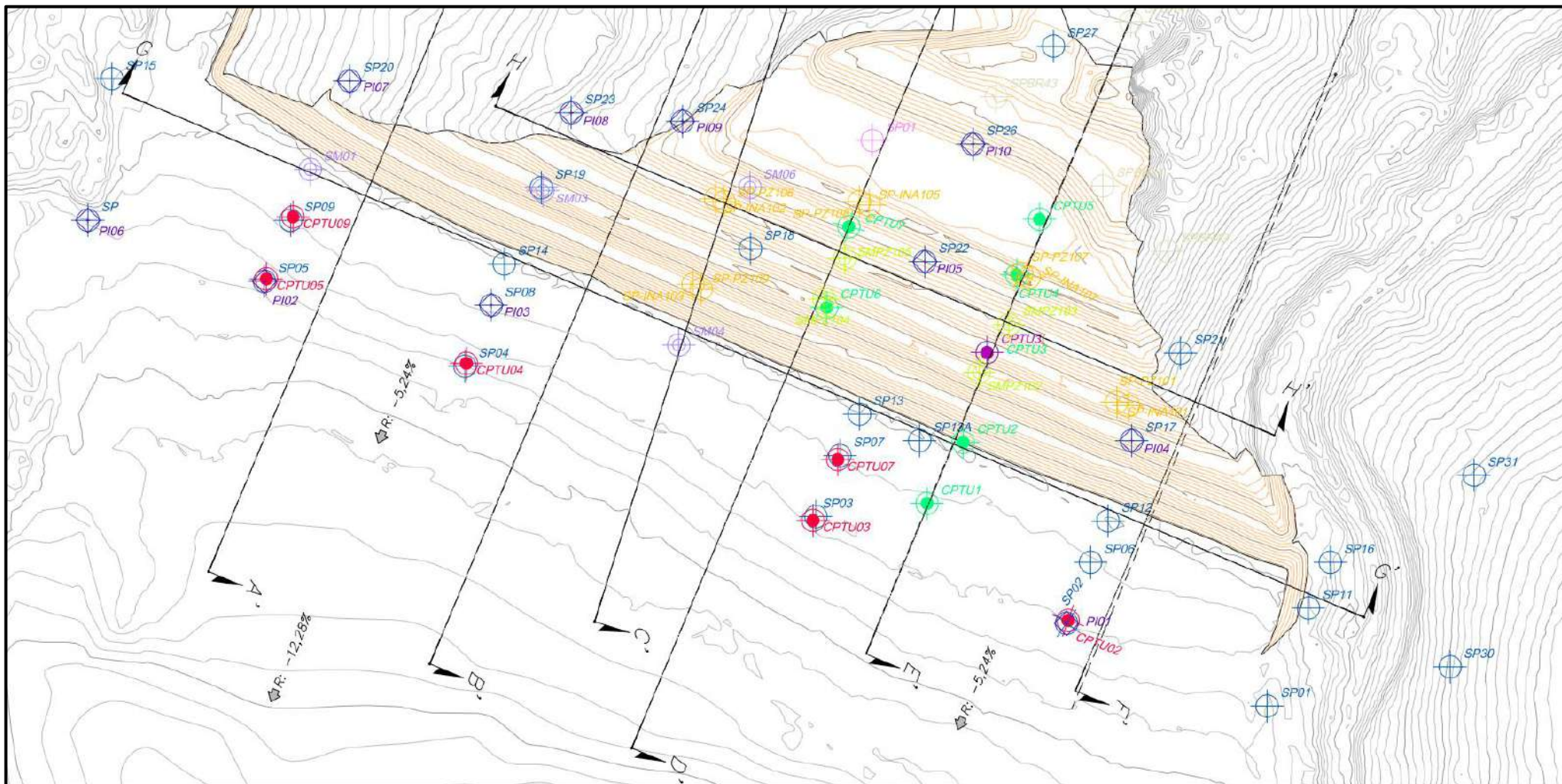


Figura 7.1 - Sondagens Executadas

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

38/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

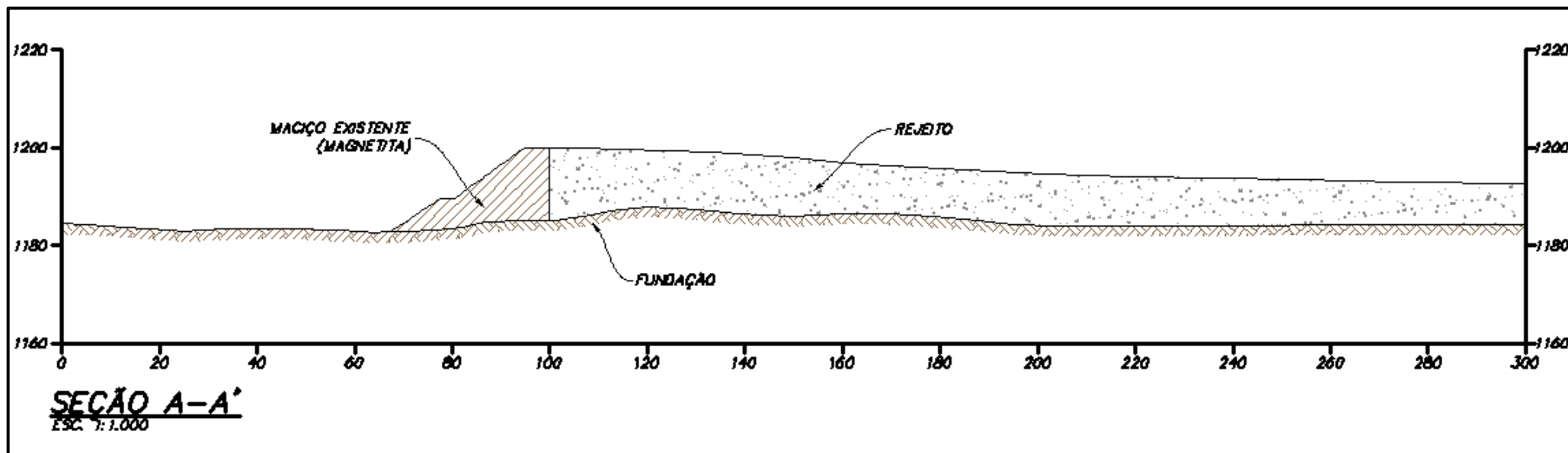


Figura 7.2 - Barragem BR - Seção A - A'

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

39/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

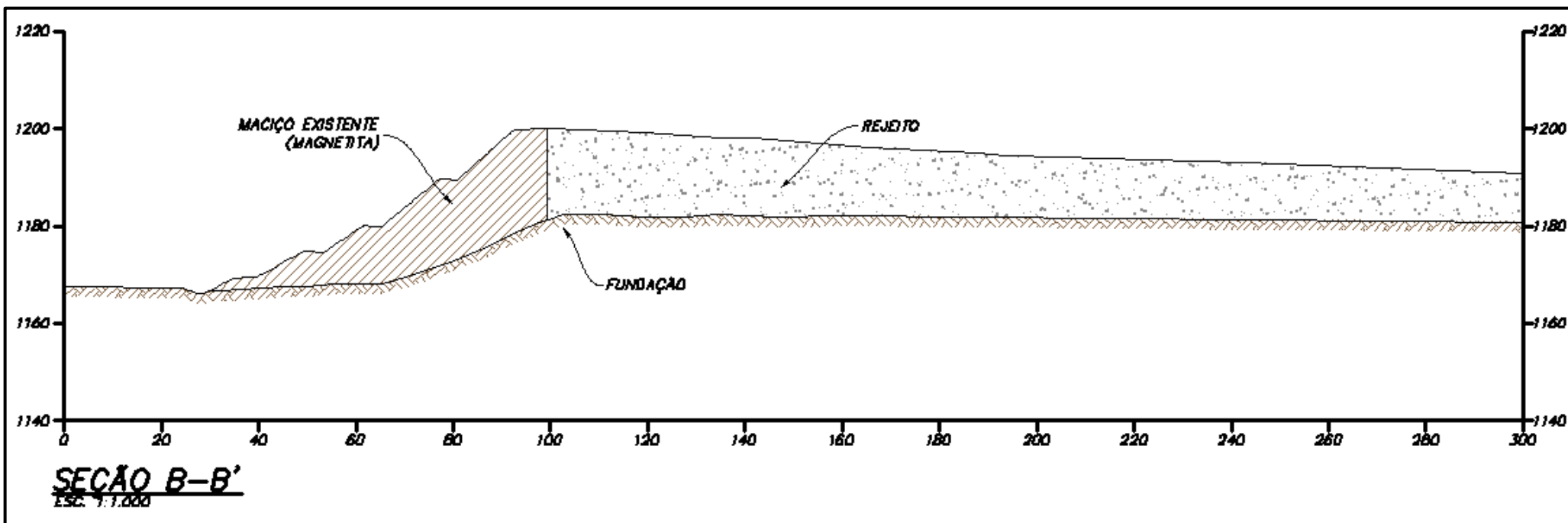


Figura 7.3 - Barragem BR - Seção B - B'

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

40/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

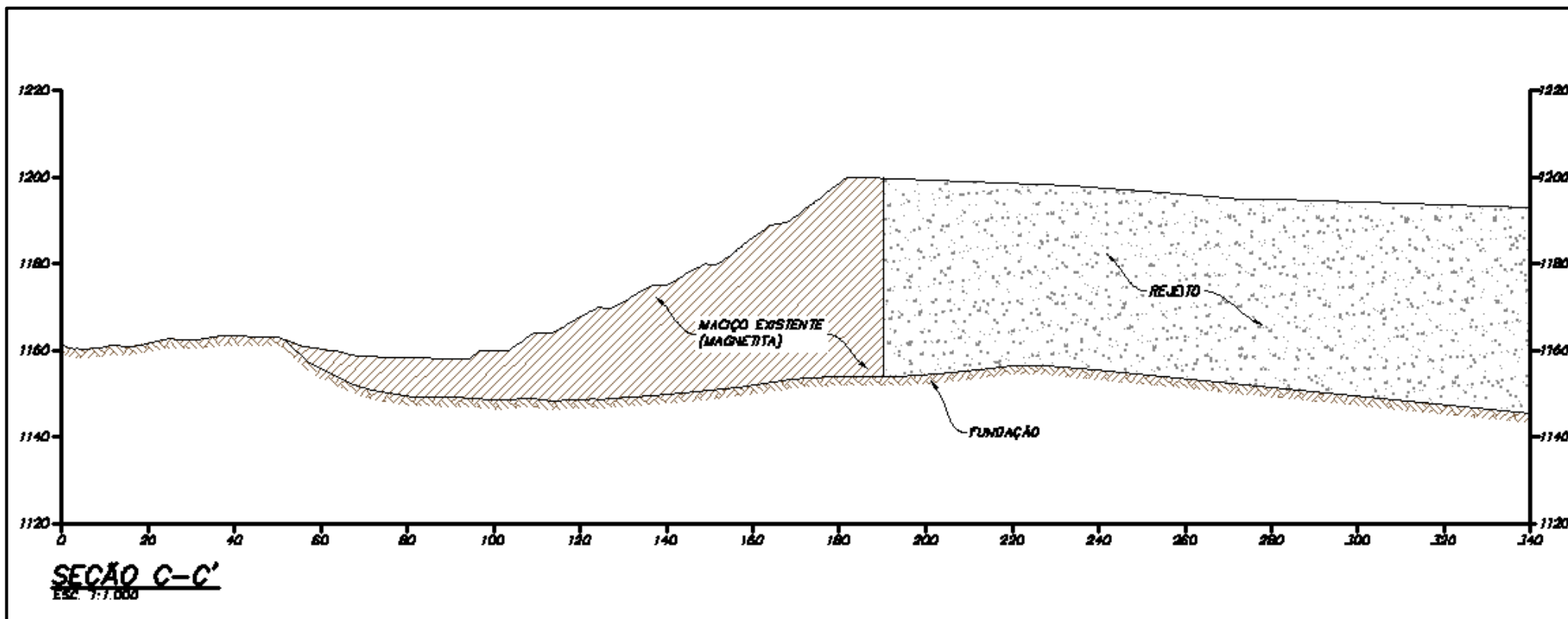


Figura 7.4 - Barragem BR - Seção C - C'

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC	PÁGINA
Nº (CONTRATADA)	REV.
DF19-263-1-EG-RTE-0001	0

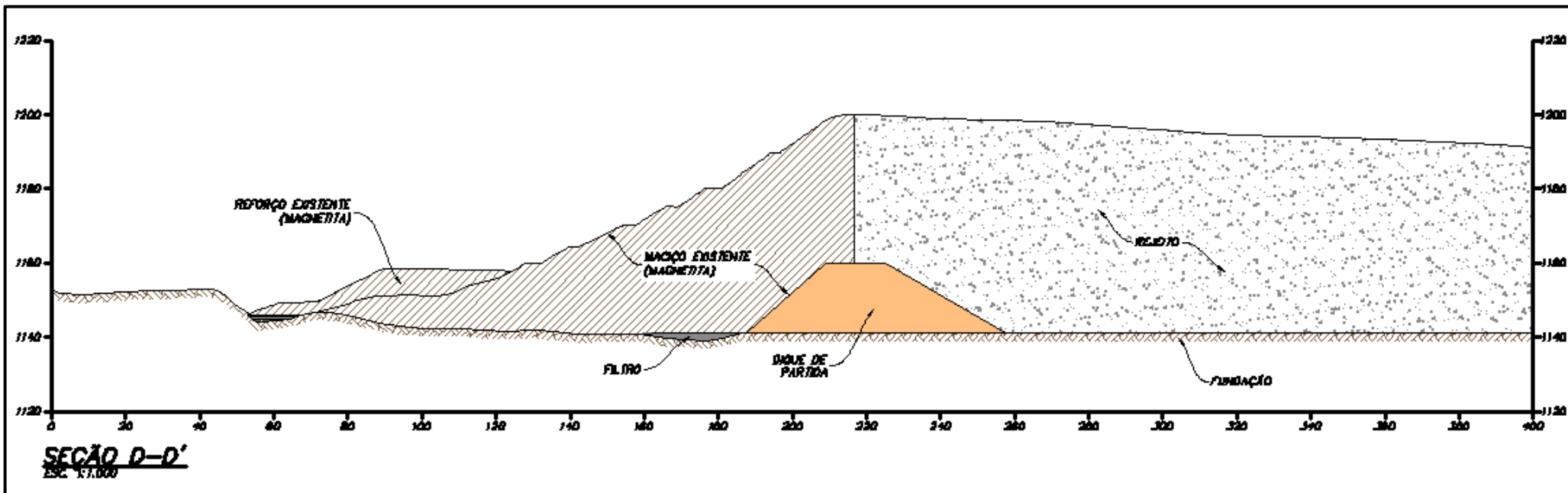


Figura 7.5 - Barragem BR - Seção D - D'

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

42/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

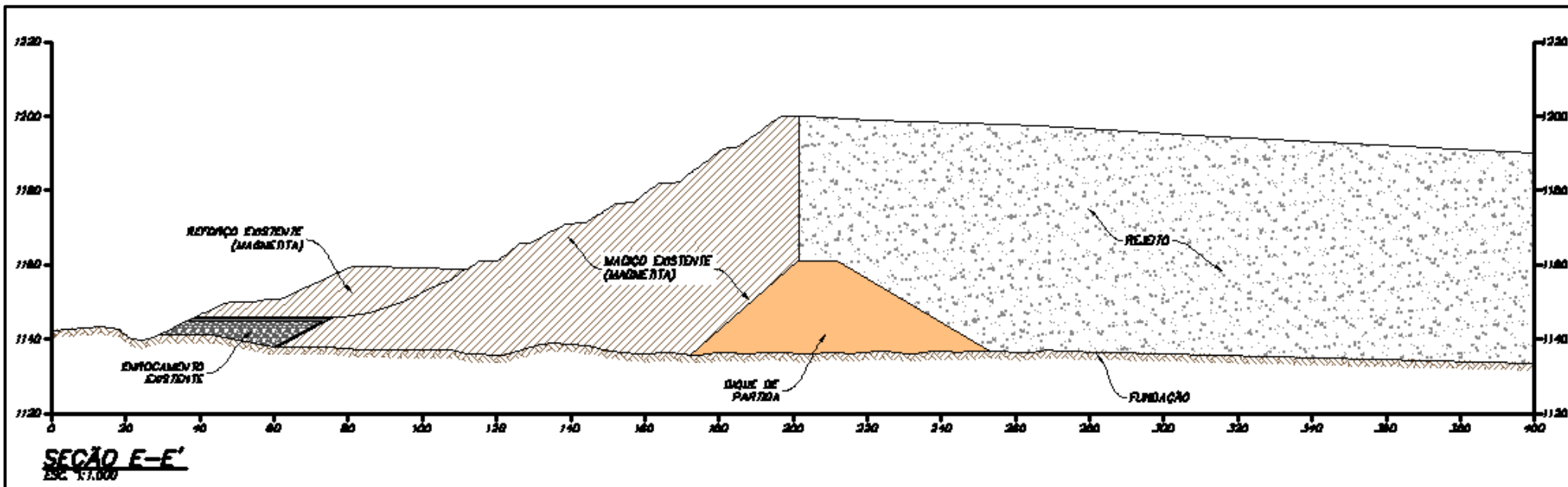


Figura 7.6 - Barragem BR - Seção E - E'

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

43/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

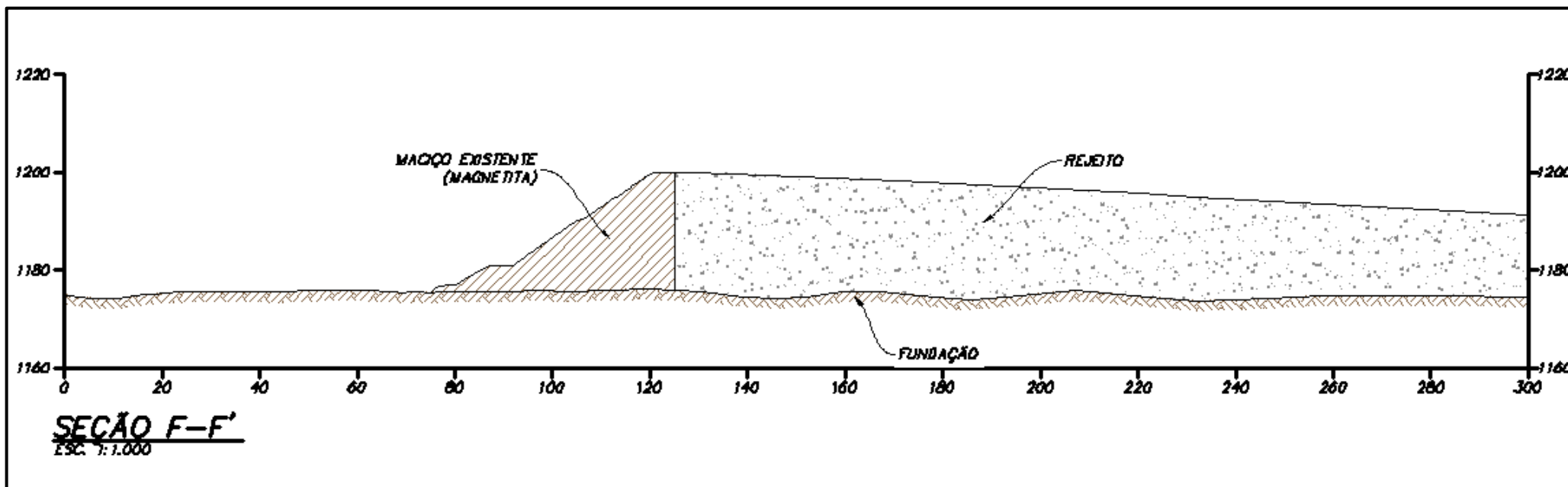


Figura 7.7 - Barragem BR - Seção F - F'

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

44/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

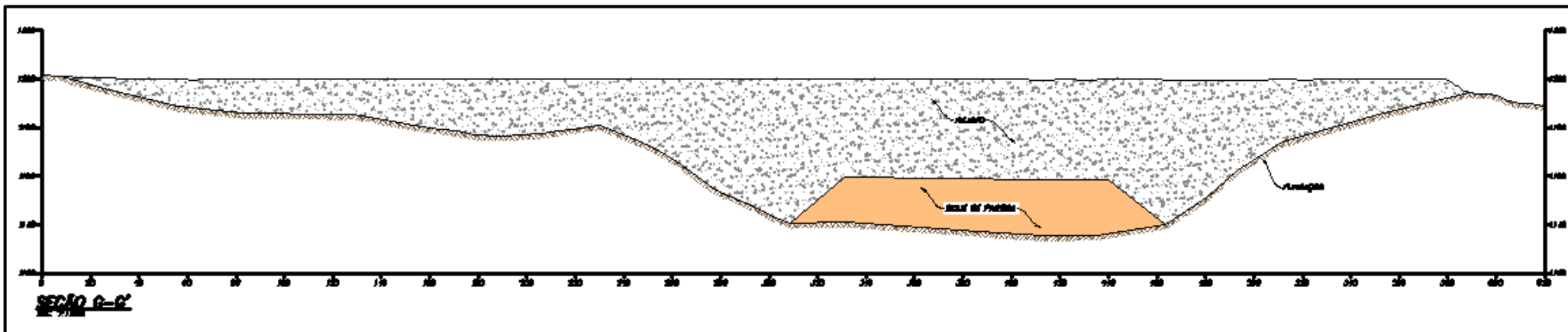


Figura 7.8 - Barragem BR - Seção G - G'

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

45/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

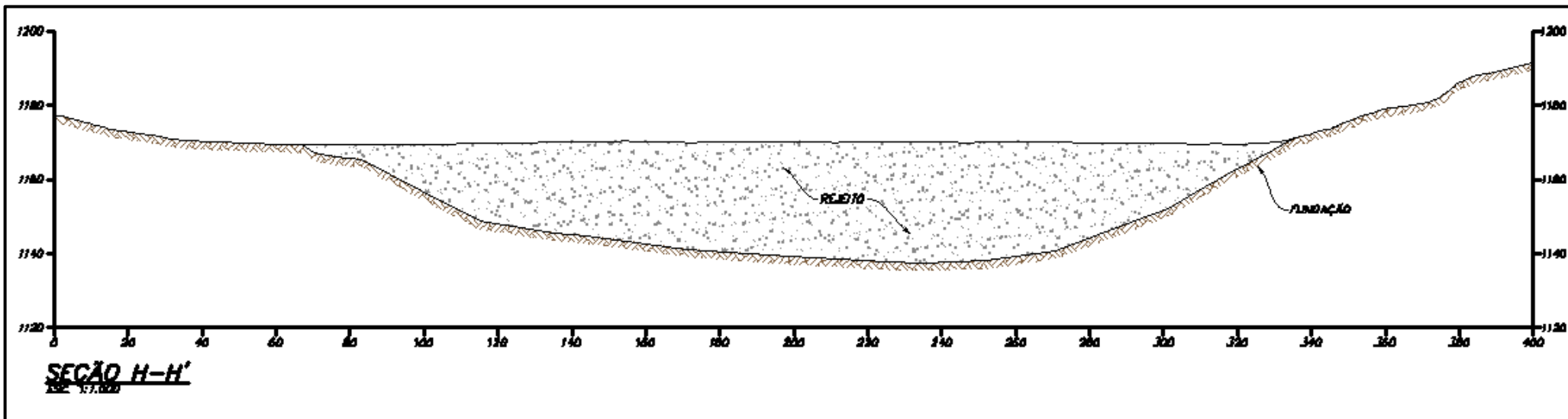


Figura 7.9 - Barragem BR - Seção H - H'

**DETALHADO ALTEAMENTO
BARRAGEM BR EL. 1210 M****PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

PÁGINA

46/139

REV.

0

8.0 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

8.1 INSTRUMENTAÇÕES DE CONTROLE

A Barragem BR é monitorada por 05 (cinco) piezômetros tipo Casagrande, 04 (quatro) piezômetros elétricos, 14 (quatorze) indicadores de nível d'água, 04 (quatro) indicadores de nível d'água elétricos, 02 (dois) medidores de vazão, 10 (dez) marcos superficiais, 01 (uma) régua do reservatório. Os dados dos instrumentos são apresentados na Tabela 8-1.

Tabela 8-1 – Dados dos instrumentos de monitoramento da Barragem BR

Instrumento	Coordenadas		Cota de topo (m)	Prof. (m)
	N	E		
INA-01	7.805.178,2	308.009,3	1.201,2	36,8
INA-02	7.805.270,1	308.048,9	1.201,1	40,8
INA-03	7.805.288,5	308.017,0	1.180,8	33,2
INA-04	7.805.294,3	307.993,5	1.170,4	26,9
INA-05	7.805.346,0	308.080,6	1.201,6	44,0
INA-06	7.805.352,7	308.046,4	1.182,1	36,2
INA-07	7.805.368,1	308.024,5	1.170,8	27,4
INA-08	7.805.435,3	308.118,4	1.201,8	39,8
INA-09	7.805.075,2	307.970,0	1.201,1	21,0
INA-101	7.805.413,3	308.036,6	1.177,3	28,3
INA-102	7.805.229,2	307.943,2	1.170,3	21,5
INA-103	7.805.218,9	307.982,4	1.190,0	43,3
INA-104	7.805.369,9	307.977,5	1.161,2	24,5
INA-105	7.805.299,8	307.946,1	1.161,1	18,5
INA-OD-01	7.805.537,6	308.004,0	1.187,1	17,6
INA-OD-02	7.805.524,4	307.990,9	1.177,9	10,9
INA-OD-03	7.805.508,3	307.974,8	1.171,9	13,5
INA-OE-01	7.805.263,9	307.900,0	1.163,9	13,5
PZ-101	7.805.418,7	308.038,2	1.177,2	31,1
PZE-102	7.805.357,9	308.049,9	1.182,3	49,9
PZE-103	7.805.371,6	308.027,9	1.171,0	36,0
PZE-104	7.805.296,6	307.996,6	1.181,2	34,0
PZE-105	7.805.286,3	308.016,6	1.171,1	46,0
PZ-106	7.805.233,0	307.944,7	1.170,5	26,9
PZ-107	7.805.372,9	307.979,2	1.161,2	29,1
PZ-108	7.805.295,2	307.944,4	1.161,0	23,1
PZ-109	7.805.222,6	307.974,6	1.190,0	47,3
MS-01	7.805.531,6	307.996,4	1.181,5	-
MS-02	7.805.525,8	307.989,2	1.177,9	-
MS-03	7.805.511,1	307.972,4	1.171,4	-
MS-04	7.805.177,6	308.008,3	1.200,7	-
MS-05	7.805.201,4	307.952,8	1.169,9	-
MS-06	7.805.269,7	308.048,0	1.200,2	-
MS-07	7.805.292,4	307.994,6	1.170,6	-

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 47/139
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Instrumento	Coordenadas		Cota de topo (m)	Prof. (m)
	N	E		
MS-08	7.805.307,6	307.957,0	1.155,3	-
MS-09	7.805.344,9	308.080,2	1.200,2	-
MS-10	7.805.366,7	308.025,0	1.170,5	-
MS-11	7.805.384,7	307.989,7	1.154,7	-
MV-2	-	-	-	-
MV-4	7.805.260,0	307.891,0	1.161,0	-
RÉGUA	7.804.948,3	308.112,7	1.193,8	-

8.1.1 Histórico de Leituras

Foram analisadas as leituras do período de janeiro de 2017 a abril de 2020. Da Figura 8.1 a Figura 8.5 são apresentados os gráficos com os históricos de leituras dos instrumentos da Barragem BR, extraídos da planilha monitora FF28.03_-_PM05-R10_-_BR.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC	PÁGINA
Nº (CONTRATADA)	48/139
DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV.
	0

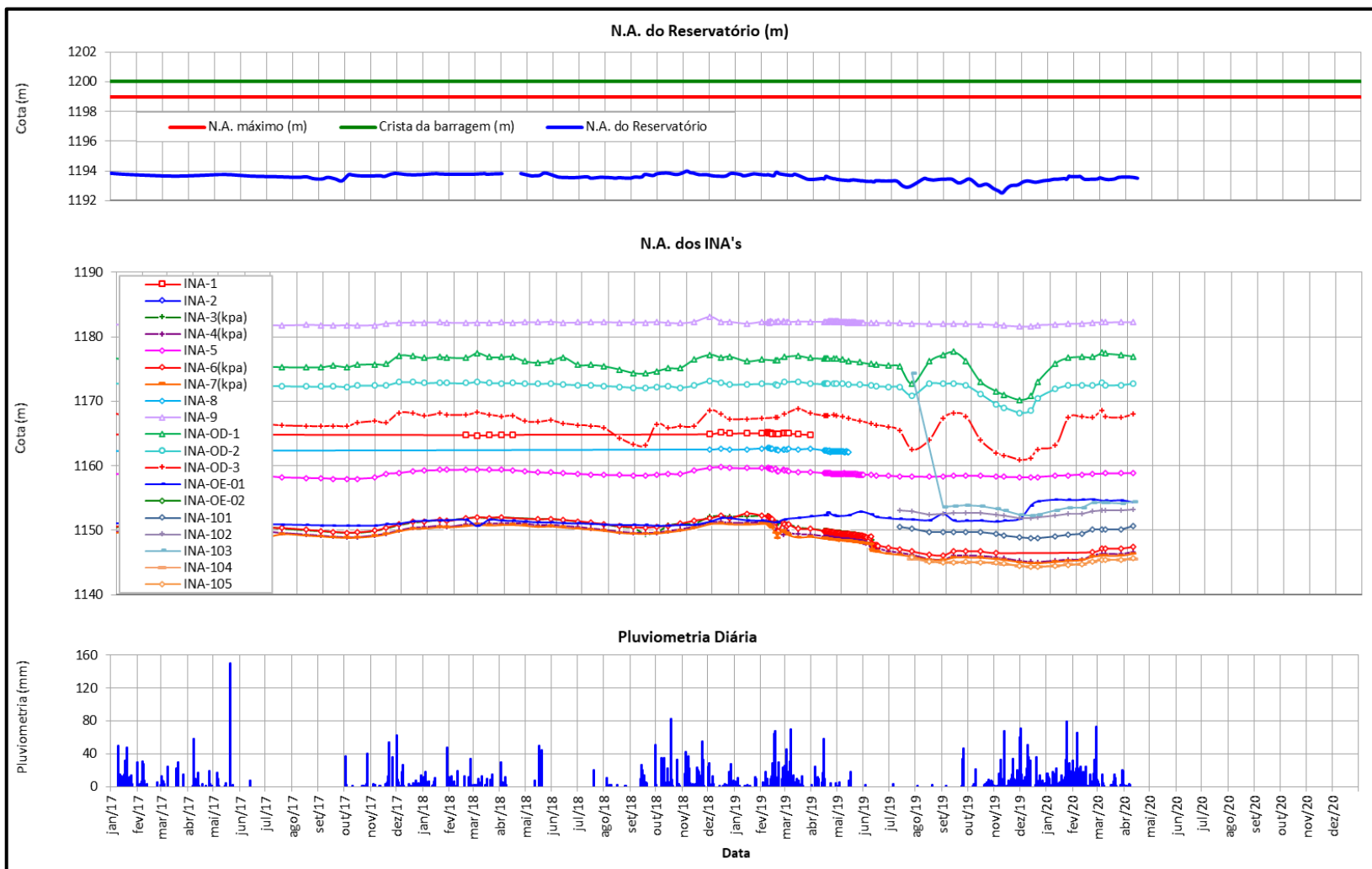


Figura 8.1 – Histórico de leituras dos indicadores de nível de água – Barragem BR

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL. 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

49/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

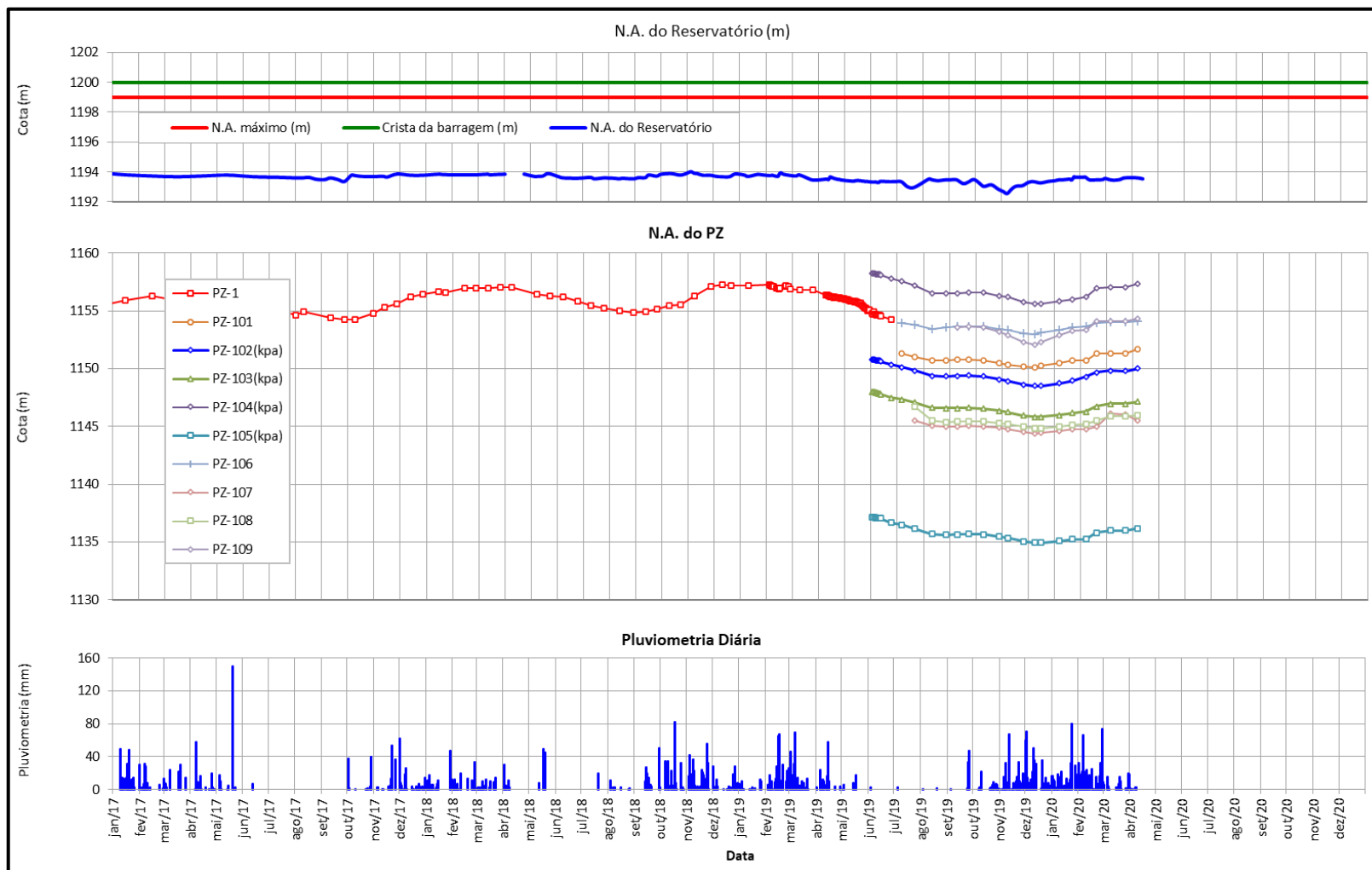


Figura 8.2 - Histórico de leituras dos piezômetros – Barragem BR



DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

50/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

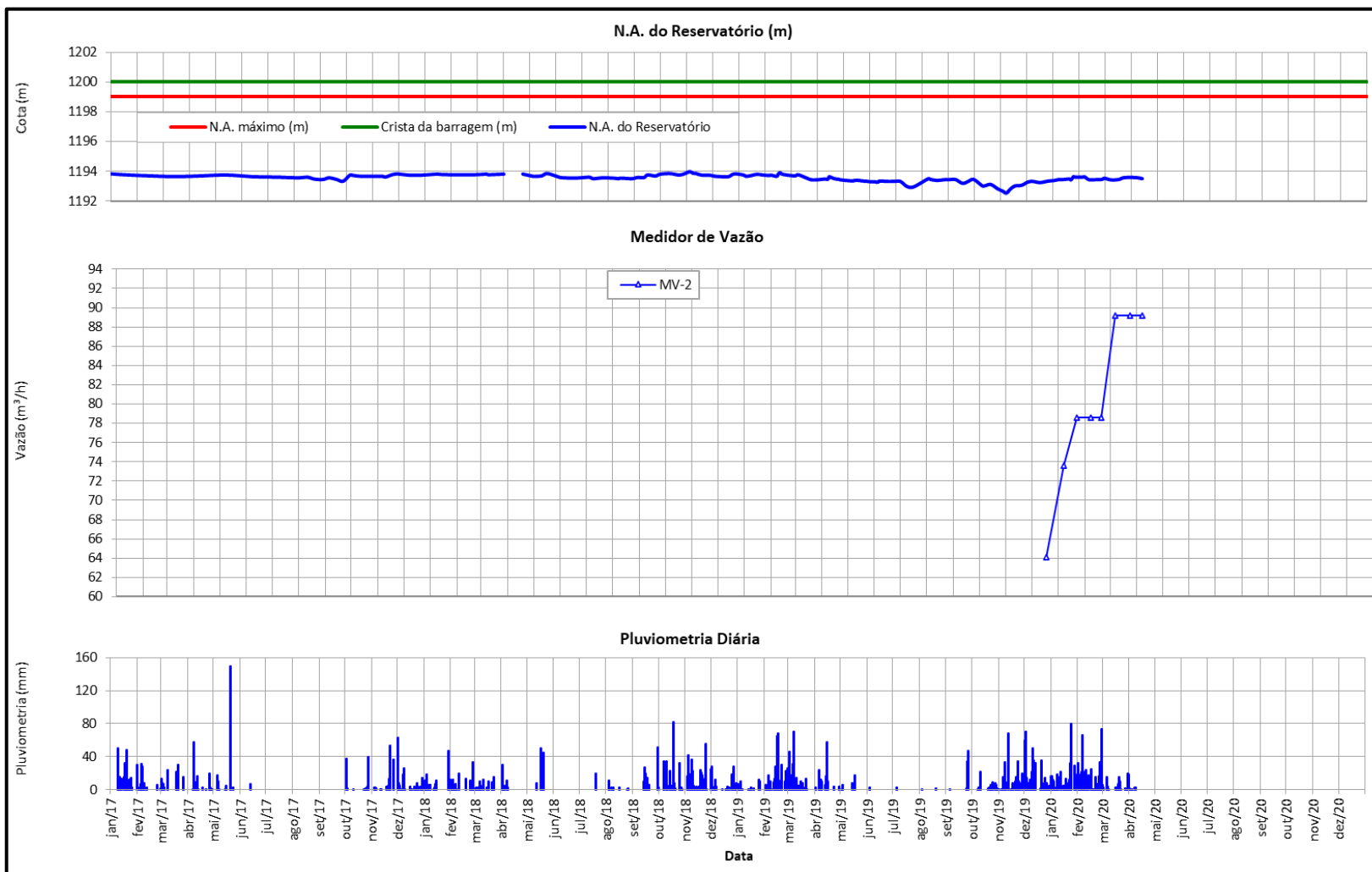


Figura 8.3 - Histórico de leituras dos medidor de vazão MV-2 – Barragem BR

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

51/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

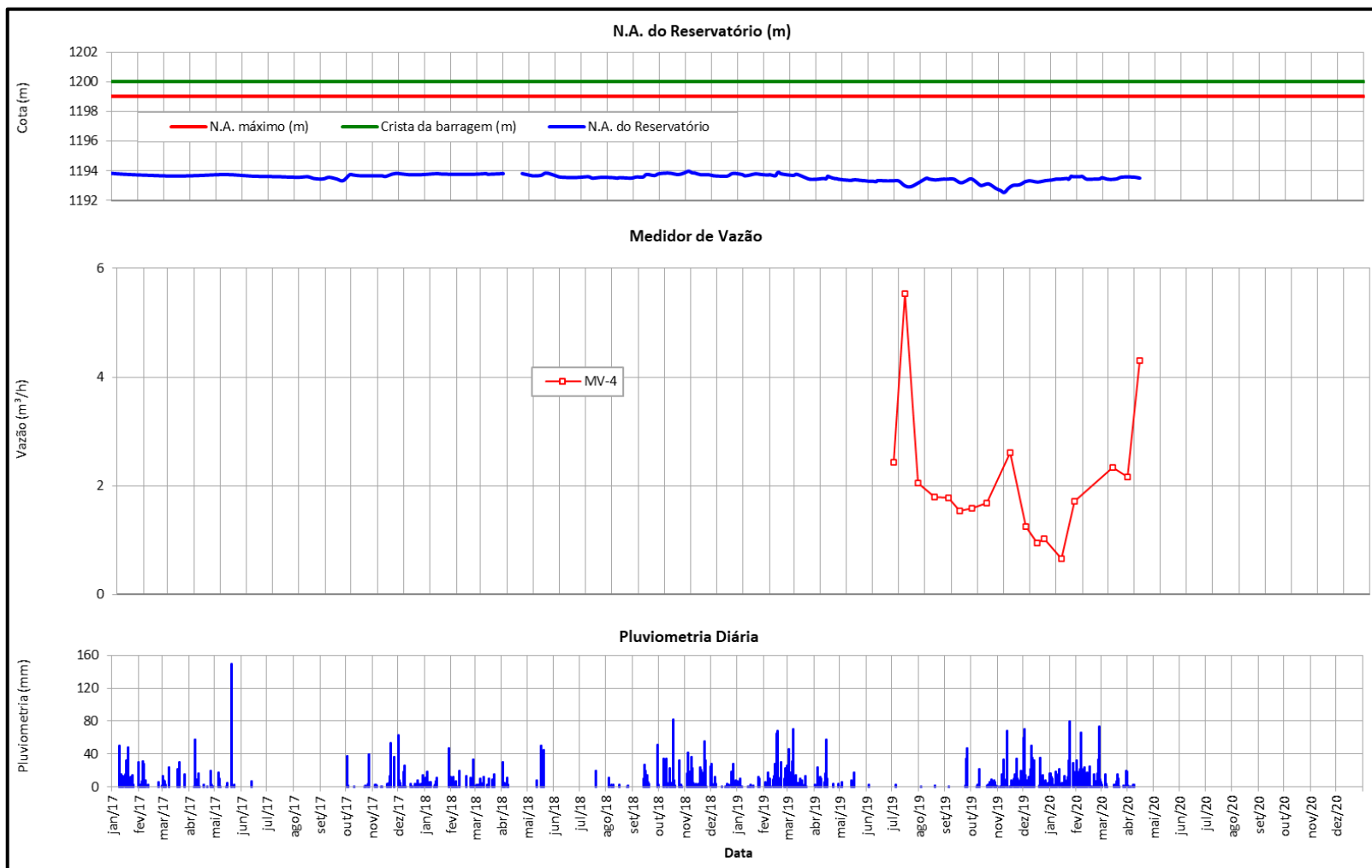


Figura 8.4 - Histórico de leituras dos medidor de vazão MV-4 – Barragem BR

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC	PÁGINA
Nº (CONTRATADA)	REV.
DF19-263-1-EG-RTE-0001	52/139
	0

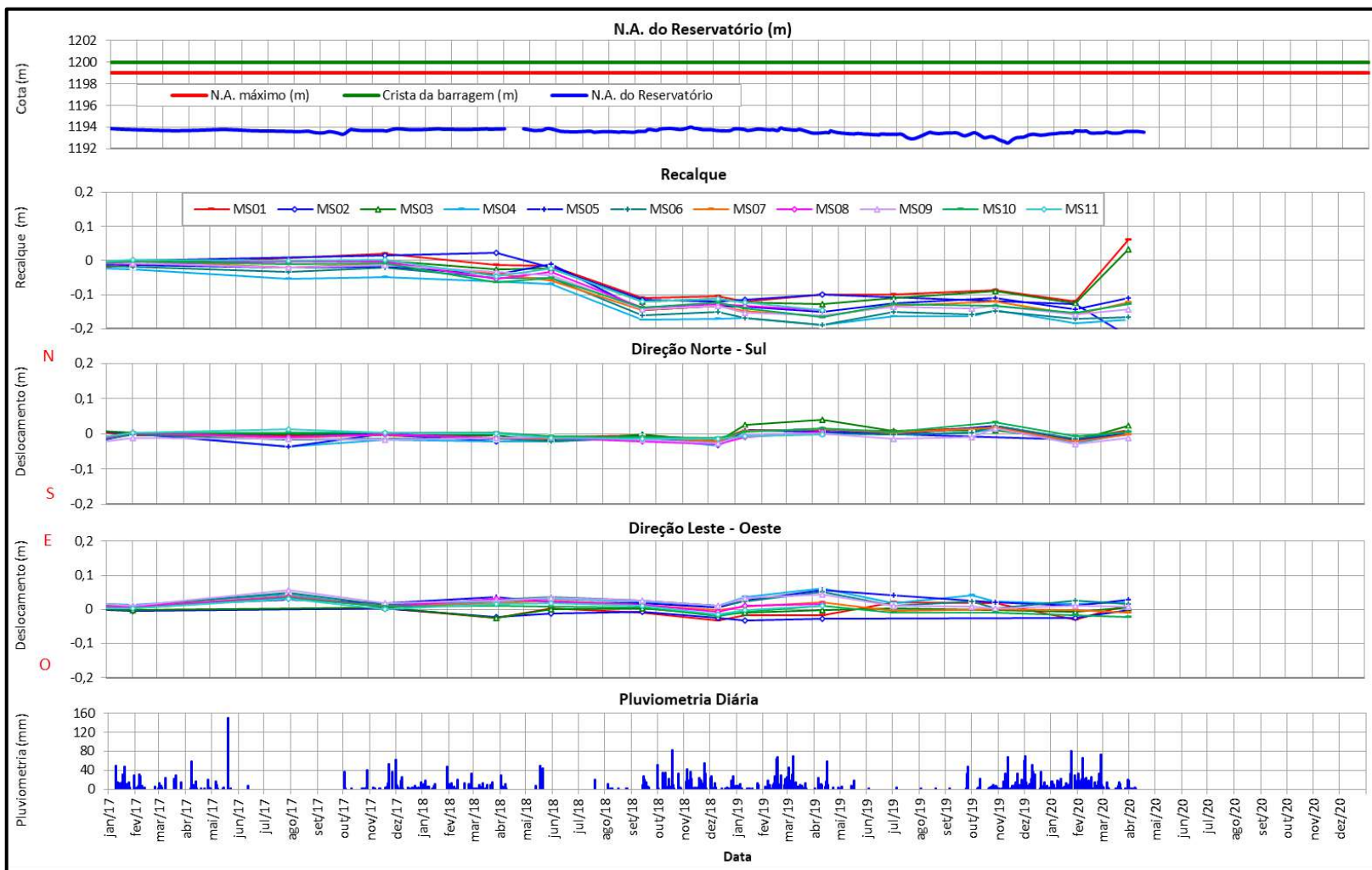


Figura 8.5 - Histórico de leituras dos marcos superficiais – Barragem BR

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 53/139
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Os instrumentos instalados no maciço da Barragem BR apresentaram, de maneira geral, um comportamento sazonal, com pequenas variações entre os períodos chuvosos e os períodos secos. Porém, os indicadores de nível d'água INA-OD-01, INA-OD-02 e INA-OD-03 destacam-se por terem sofrido maiores variações a partir de julho de 2019, enquanto o INA-103 sofreu apenas uma grande variação entre agosto e setembro do mesmo ano, estabilizando-se em seguida. Além disso, os medidores INA-03, INA-04, INA-06 e INA-07 também apresentaram uma variação de leitura mais representativa após abril de 2019, sofrendo uma redução gradual de suas leituras, provavelmente devido à sua automatização.

Destaca-se que o indicador de nível d'água INA-02 apresentou-se seco durante todo o período de estudo e o piezômetro PZ-01 foi substituído pelo PZ-101, por isso houve a interrupção em suas leituras. Em março e junho de 2019 foram instalados mais 04 (quatro) piezômetros elétricos, nomeados e as leituras dos mesmos estavam com tendência de queda até o início do período chuvoso em dezembro/2019.

Nota-se que a partir de fevereiro de 2019 os instrumentos apresentaram uma tendência de queda das leituras. Segundo o RISR do primeiro ciclo de 2020 elaborado pela Walm, Relatório WBH122-17-MOSC106-RTE-0014, isso ocorreu após o “desafogamento” do pé da Barragem BR, com a construção de uma ensecadeira a jusante, impedindo a influência da água da Barragem BD5 situada a jusante, e após a realização de bombeamento da água percolada pelo maciço.

O instrumento PZ-01 foi substituído pelo PZ-101, conforme apresentado na Figura 8.2. Nota-se que há uma tendência de elevação das leituras durante o período chuvoso e um decréscimo das mesmas durante o período seco. Em maio e junho de 2019 foram instalados mais 04 (quatro) piezômetros elétricos, nomeados PZ-102, PZ-103, PZ-104 e PZ-105, que tiveram leituras com tendência de queda até o início do período chuvoso em dezembro/2019.

Os medidores de vazão MV-2 e MV-4 apresentam um curto período de leituras, a partir de dezembro e junho de 2019, respectivamente. A vazão do MV-2 variou entre 64 m³/h no período seco à 89 m³/h no período chuvoso. Enquanto o MV-4 variou entre 1 e 5 m³/h, porém sem apresentar comportamento relacionado à pluviometria.

Já os marcos superficiais, apresentaram leituras estáveis até meados de 2018, tendo nesse período uma variação em torno de 0,1 m em recalque, tendo se estabilizado novamente após tal variação. Porém, o MS-01 e o MS-03 sofreram nova variação, de magnitude semelhante e sentido contrário.

8.1.1 Seções Instrumentadas

A Figura 8.6 apresenta a planta de instrumentação com as seções A, B, C, D, E, F, G e H devidamente localizadas.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

54/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

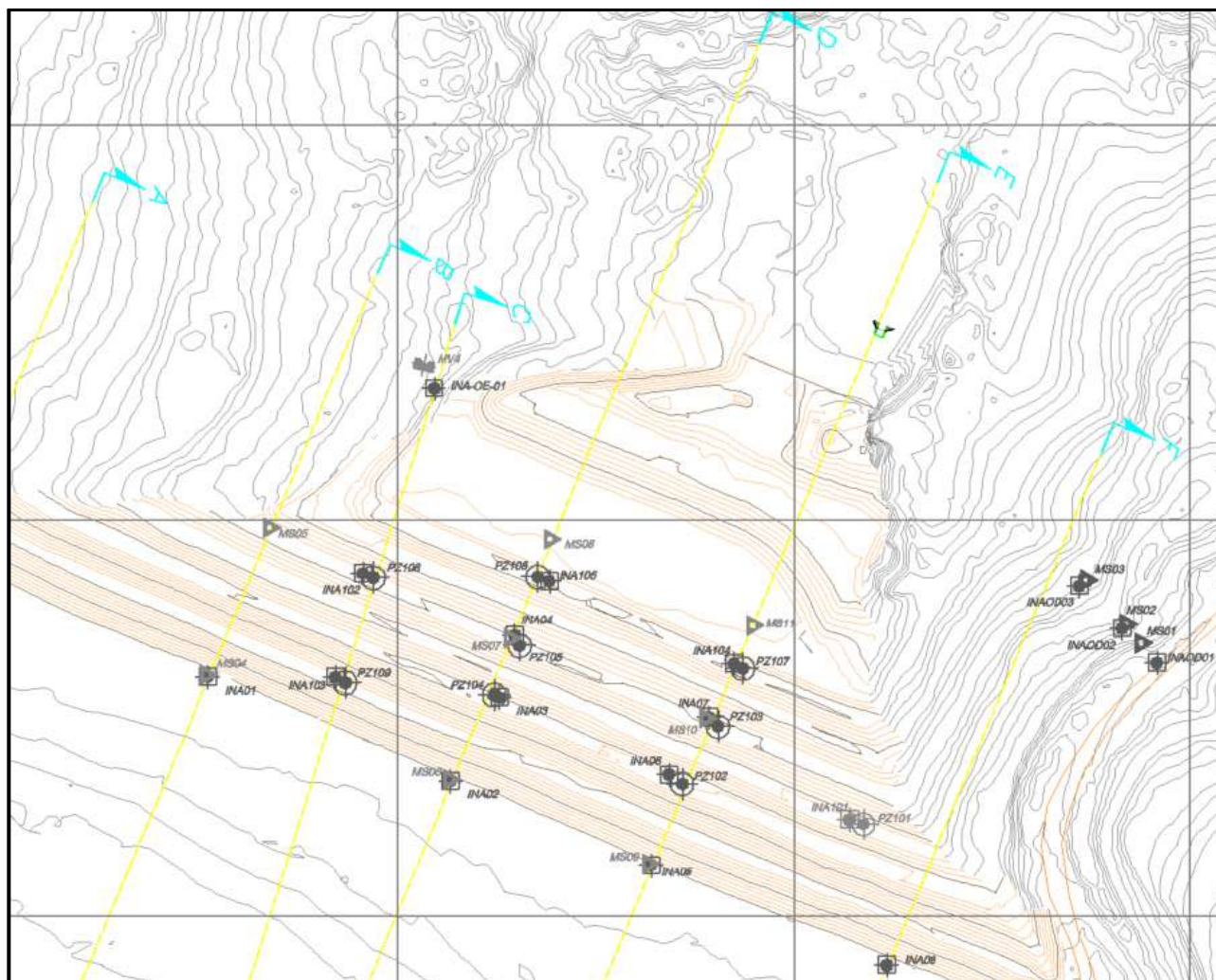


Figura 8.6 - Seções Instrumentadas

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M			
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -		PÁGINA 55/139	
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001		REV. 0	

8.2 REJEITO DE FLOTAÇÃO

Para a caracterização dos rejeitos foram utilizados dados não só de investigações de campo como sondagens SPT, ensaios de piezocone e ensaios de laboratório, conforme descrição a seguir:

- SPT
 - Campanha de 8 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2014;
 - Campanha de 3 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2019;

- Ensaios CPTu
 - Campanha de seis (6) ensaios Piezocone – CPTu realizados pela Pattrol em 2014 (PAT-RT-SOND-1097.14-002);
 - Campanha de 2 (dois) ensaios Piezocone – CPTu realizada pela Pattrol em 2019. Nesta campanha foram realizados 8 ensaios de dissipação de poropressão em profundidades distintas.

As informações sobre todos os furos realizados de CPTu podem ser visualizadas na Tabela 8-2.

Tabela 8-2 – Resumo dos ensaios de CPTu's e dissipação (Pattrol, 2014 e Pattrol, 2019)

Furo	Profundidade Final CPTu (m)	Profundidades de execução dos ensaios de dissipação (m)				
CPTU - 02 (Pattrol 2014)	11,95	-				
CPTU – 03 (Pattrol 2014)	17,95	-				
CPTU - 04 (Pattrol 2014)	11,95	-				
CPTU – 05 (Pattrol 2014)	7,60	-				
CPTU - 07 (Pattrol 2014)	17,95	-				
CPTU - 09 (Pattrol 2014)	8,90	-				
CPTU – 01 (Pattrol 2019)	56,40	43,95	46,95	50,00	53,00	56,00
CPTU – 02 (Pattrol 2019)	45,70	41,85	42,40	45,20	-	-

Os resultados dos ensaios foram interpretados e consolidados através do software CPTit-3.0, no qual foram lançados os dados brutos de todos os ensaios e, em seguida, cada um foi tratado isoladamente. Por fim, os dados referentes ao mesmo material foram reunidos para interpretação dos parâmetros, como será discutido adiante;

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 56/139
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Importante destacar que, o N.A em cada furo foi estabelecido a partir da leitura informada no ensaio e também da comparação com furos de sondagens realizados próximos aos furos de CPTu's.

- Ensaio de resistência ao cisalhamento do tipo triaxial
 - Campanha de investigação realizada pela empresa Pattrol no ano de 2014 em que foram retiradas 2 amostras indeformadas, em três poços de investigação distintos (PI01, PI02 e PI03). A partir de tais amostras, foram realizados ensaios triaxiais do tipo CIU (adensadas isotropicamente não drenadas).

8.2.1 Caracterização Física

Para a caracterização física dos rejeitos de flotação foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) perfazendo um total de três amostras (PI01, PI02 e PI03), conforme apresentado na Tabela 8-3.

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a massa específica dos sólidos (δ) variou entre 3,41 a 3,51 g/cm³ e o peso específico natural dos rejeitos variou entre 17,74 kN/m³ a 19,38 kN/m³. Com relação a compacidade relativa (CR) do material, verificou-se que o valor obtido está entre a faixa de 0,33 a 0,66. Segundo a classificação sugerida por Terzaghi (1947), o rejeito apresenta-se medianamente compacto. Destaca-se que este material foi coletado na superfície da praia de rejeito, onde há tráfego de veículos para lançamento e manutenção da praia o que pode impactar no comportamento da amostra, ocasionando em resultados que podem não ser aplicados à todo o rejeito de flotação depositado.



DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

57/139

Nº (CONTRATADA)

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0001

0

Tabela 8-3 – Resumo dos resultados de caracterização física dos rejeitos.

Amostra	Prof. (m)	γ_{nat} kN/m ³	$w^{(4)}_{nat}$ (%)	$\gamma_d^{(1)}$ kN/m ³	$e_{nat}^{(2)}$	$e_{máx}$	$e_{mín}$	CR ⁽⁵⁾	δ g/cm ³	$\gamma_{sat}^{(3)}$ kN/m ³	Granulometria					
											Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-01	1,2 a 1,5	19,38	15,6	16,78	1,03	1,24	0,78	0,46	3,41	19,41	3,4	10,1	46,1	39	1,4	0
PI-02	1,2 a 1,5	17,74	7,8	16,43	1,14	1,35	0,88	0,45	3,51	17,68	2,2	9,9	47,3	39,2	1,4	0
PI-03	1,2 a 1,5	18,79	9,8	17,11	1,05	1,28	0,84	0,52	3,51	20,34	3,4	7,1	53,6	34,6	1,2	0

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat} / (1 + w_{nat})$;

(2) e_{nat} foi calculado pela correlação: $(\delta * \gamma_w / \gamma_d) - 1$.

(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1 + w_{nat}) / (1 + e)$

(4) Teor de umidade natural "In Situ"

(5) Compacidade relativa calculada através da equação $CR = (e_{máx} - e_{na}) / (e_{máx} - e_{mín})$

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

58/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

A partir dos ensaios granulométricos, observou-se que os rejeitos são compostos predominantemente por material de granulometria de areia fina a média (90%) com pequena parcela de silte e argila (10%), conforme pode ser observado na Figura 8.7.

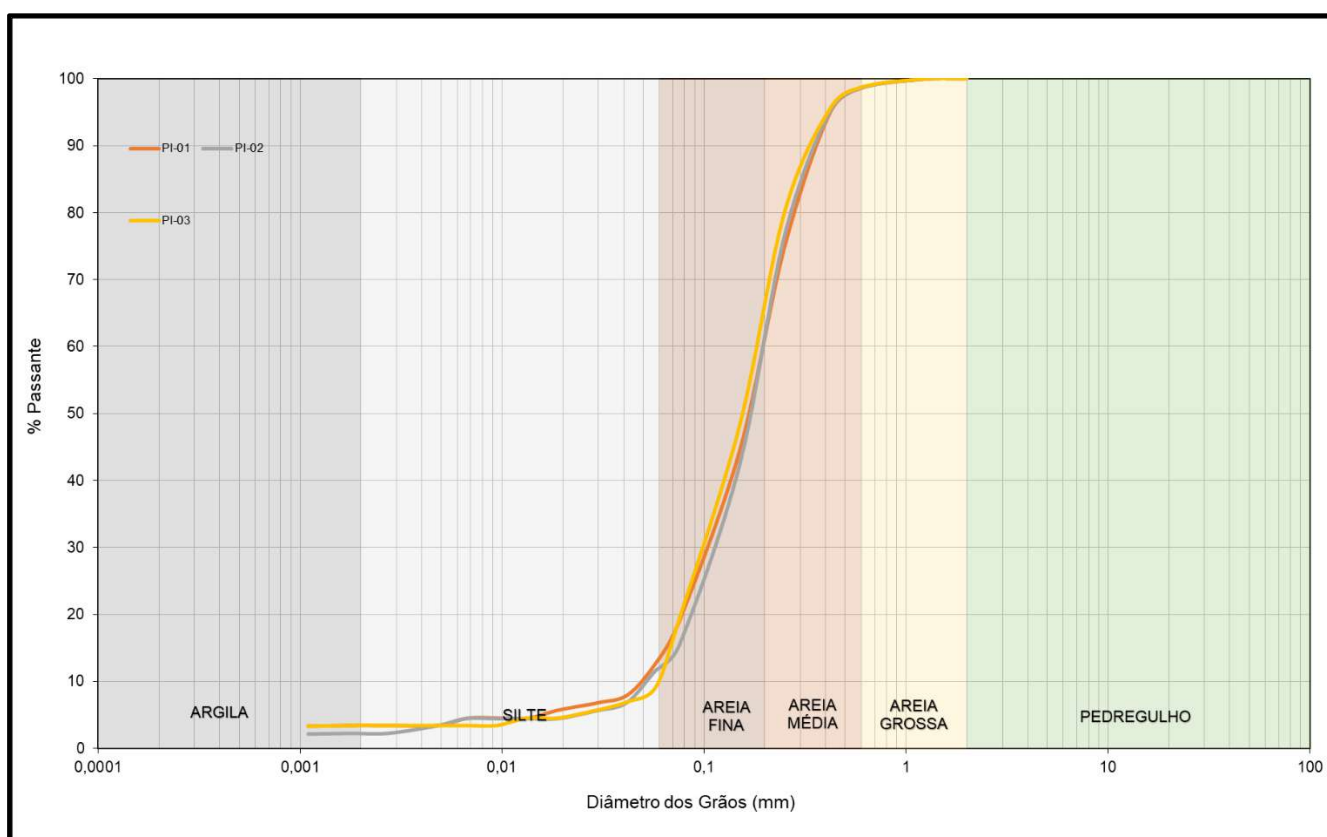


Figura 8.7– Curvas granulométricas do rejeito.

8.2.2 Susceptibilidade a Liquefação

8.2.2.1 *Susceptibilidade à liquefação a partir de ensaios de caracterização física*

A distribuição granulométrica influencia na suscetibilidade à liquefação, sendo que solos bem graduados apresentam menor suscetibilidade, visto que um melhor preenchimento dos vazios, resulta numa menor variação volumétrica e baixas gerações de poropressões na condição não drenada. Já os depósitos de solo com granulometria uniforme tendem a ser mais susceptíveis à liquefação (Poulos et al., 1985) e representam a maioria dos casos históricos de ruptura por liquefação.

Com base nos resultados de diversos ensaios granulométricos, Tsuchida (1970) propôs faixas de domínio de solos susceptíveis ou não à liquefação. O limite inferior reflete a influência da presença de finos plásticos que tendem a restringir a possibilidade de solos arenosos sofrerem

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

59/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

contração durante o cisalhamento. Na avaliação do autor, depósitos de solo natural com D_{50} menor do que 0,02 mm ou maior do que 2 mm não seriam susceptíveis à liquefação.

Contudo, Ishihara (1985) afirma que os rejeitos de mineração também são materiais suscetíveis à liquefação. Apesar do rejeito apresentar uma quantidade importante de materiais siltosos e argilosos, estes finos de rejeitos apresentam baixa plasticidade devido a gênese industrial.

Ressalta-se que os estudos citados propõem uma avaliação preliminar do comportamento do material quanto a susceptibilidade à liquefação do material. Na Figura 8.8 é apresentada as faixas de domínio proposta por Ishihara (1985) e Tsuchida (1970), além da curva granulométrica dos rejeitos da Barragem BR dispostos na estrutura.

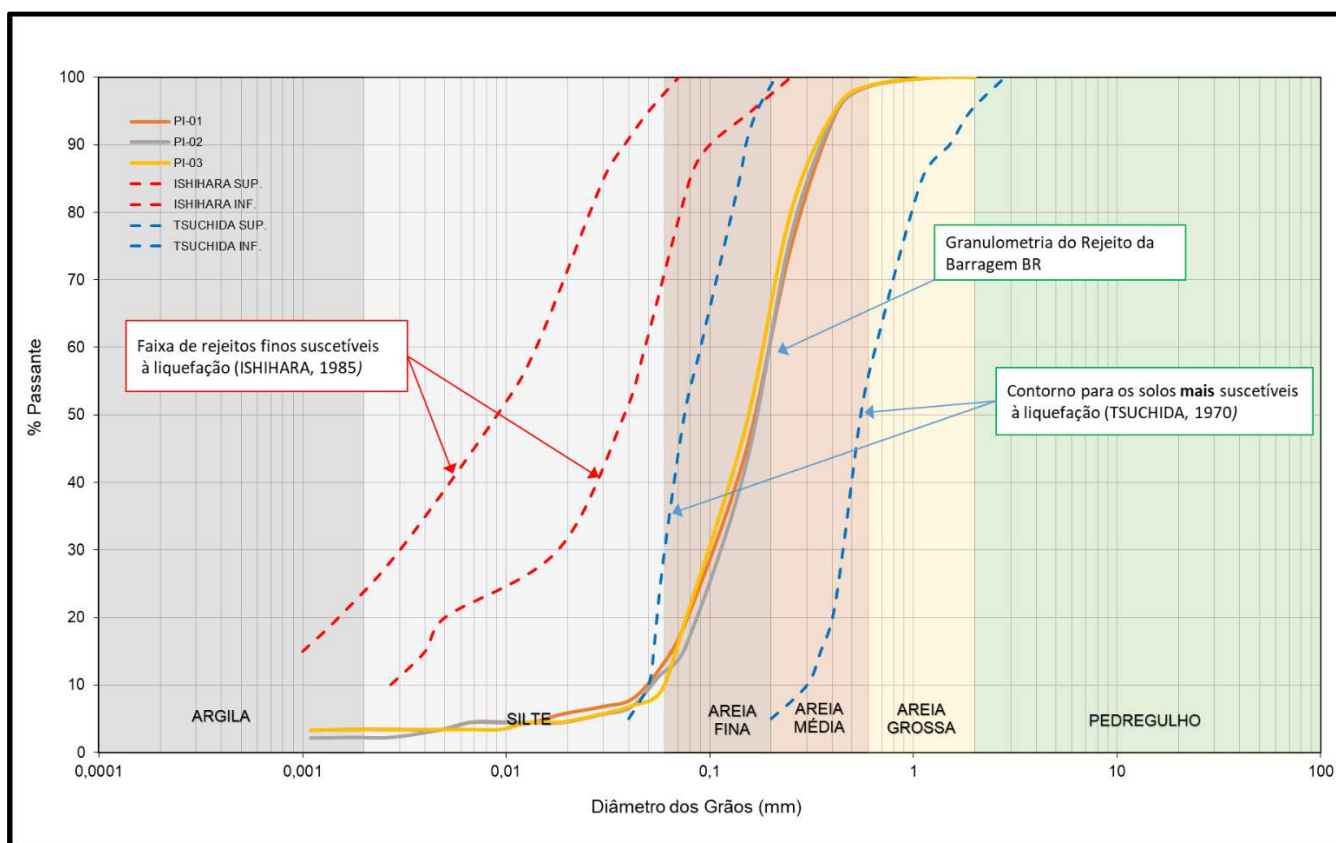


Figura 8.8 - Contorno dos materiais suscetíveis à liquefação segundo Ishihara (1985) e Tsuchida (1970) e curvas granulométricas do rejeito proveniente da Barragem BR.

Verifica-se, portanto, que os rejeitos provenientes da Barragem BR apresentam uma predominância granulométrica de areia média a fina com pequena presença de siltes. Além disso, é notório que a curva granulométrica do rejeito abrange o contorno proposto para os solos mais susceptíveis à liquefação sugerida por Tsuchida (1970).

Portanto, segundo proposta de Tsuchida, o rejeito de flotação é suscetível à liquefação.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 60/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

8.2.2.2 Susceptibilidade à Liquefação a partir de ensaios de penetração (CPTu e SPT)

Depois de trabalhos relevantes publicados na literatura, foi evidenciado a relação entre os resultados obtidos em ensaios de penetração (eg. Piezocone e SPT) e a susceptibilidade a liquefação de solos.

Nesta etapa do estudo, os materiais que constituem a estrutura da barragem BR serão avaliados quanto à susceptibilidade a liquefação buscando identificar se o comportamento dos materiais é contrátil ou dilatante. Esta avaliação ocorrerá a partir dos ensaios CPTu e SPT adotando como referência as metodologias propostas por Olson e Stark (2003), Robertson (2016) e Jefferies e Been (2006), apresentadas a seguir. Os estudos aqui apresentados tiveram o intuito de corroborar as conclusões já apresentadas no relatório de diagnóstico de barragens, elaborado pela DF+ em maio de 2019, de número DF19-023-1-EG-RTE-0013, haja vista que foram encontrados mais dados de ensaios CPTu's e sondagens do tipo SPT e Mistas.

Os arquivos obtidos através do CPeT-IT dos ensaios CPTu's utilizados neste relatório se encontram no APÊNCICE A e APÊNCICE B.

- **Olson e Stark (2003)**

Segundo a metodologia proposta por Olson e Stark (2003), é possível avaliar o potencial de liquefação a partir dos limites descritos pela Equação 1 e Equação 2 (ligeiramente modificadas por Olson e Stark, 2003 do proposto inicialmente por Fear e Robertson, 1995), que delimitam o comportamento do material entre contrátil (susceptível) ou dilatante (não susceptível) a partir da resistência de ponta normalizada do ensaio CPTu (q_{c1}) e do número de golpes normalizado do ensaio SPT $(N_1)_{60}$, respectivamente em relação a tensão efetiva vertical in situ.

$$(\sigma'_{vo})_{ENV} = 1,10 \times 10^{-2} (q_{c1})^{4,79} \quad \text{Equação 1}$$

$$(\sigma'_{vo})_{ENV} = 9,58 \times 10^{-4} (N_1)_{60}^{4,79} \quad \text{Equação 2}$$

Nota: q_{c1} e σ'_{vo} em Mpa e kPa, respectivamente.

Vale ressaltar que a metodologia proposta por Olson e Stark (2003) se aplica para materiais granulares, não coesivos e não plásticos.

A Figura 8.9 apresenta a aplicação do método supracitado. Verifica-se em geral resistências de ponta q_{c1} e número de golpes normalizado $(N_1)_{60}$ bastante reduzidas e a esquerda da envoltória. Os pontos posicionados à esquerda das envoltórias apresentam comportamento contrátil e são classificados como susceptíveis a liquefação. Pode se observar pelas figuras que à medida que a profundidade aumenta, o rejeito se torna mais susceptível à liquefação.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

61/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

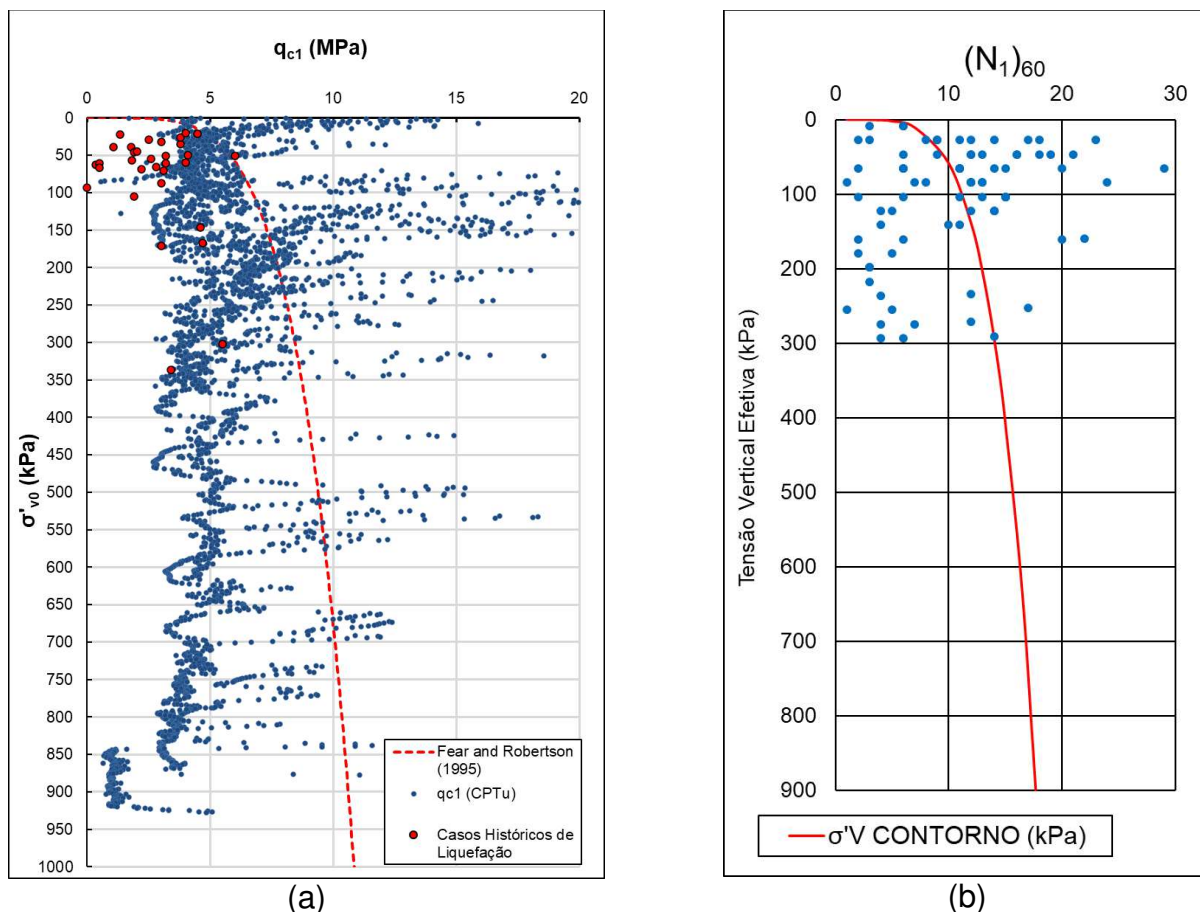


Figura 8.9 - Envoltória para avaliação de SUSCETIBILIDADE à liquefação segundo Olson e Stark (2003): (a) Utilizando a resistência de ponta (q_{c1}) do CPTu e (b) número de golpes normalizado $(N_1)_{60}$ do SPT.

Portanto, para as condições definidas pela metodologia proposta por Olson e Stark (2003), que considera tanto os resultados obtidos a partir dos ensaios de CPTu e SPT, o material presente na praia de rejeitos do reservatório da Barragem BR configura-se majoritariamente como material contrátil, portanto susceptível a liquefação.

- **Robertson (2016)**

A metodologia de Robertson (2016) é baseada na classificação SBT (*Soil Behaviour Type*), que é função de seu comportamento mecânico durante a cravação do cone. Segundo esta metodologia, plotando graficamente a resistência de ponta normalizada (Q_{tn}) e a razão de atrito (F_r), é possível verificar entre outras propriedades do material, a susceptibilidade a liquefação por comparação com a classificação SBT de casos históricos em que ocorreram rupturas por liquefação.

Os contornos da Equação 3 no gráfico $F_r \times Q_{tn}$, delimitam as zonas em que o material apresenta comportamento contrátil (suscetível) ou dilatante (não susceptível), em termos da

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 62/137	
	Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0	

resistência normalizada de ponta (Q_{tn}) e do atrito lateral normalizado (F_r) obtidos no ensaio CPTu.

$$CD = (Q_{tn} - 11) \times (1 + 0,06F_r)^{17} \quad \text{Equação 3}$$

Ademais, Robertson e Wride (1998) com base em um grande banco de dados, sugerem um fator de correção K_c para Q_{tn} em siltes, para se obter $Q_{tn,cs}$, que seria o valor de resistência de ponta normalizada caso o material ensaiado tivesse a mesma compressibilidade de uma areia pura (Equação 4). Segundo Robertson (2016), materiais com $Q_{tn,cs} < 70$ tem comportamento contrátil.

$$Q_{tn,cs} = K_c Q_{tn} \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

$$K_c = 1 \quad \text{se } I_c \leq 1,64$$

$$K_c = 5,581I_c^3 - 0,403I_c^4 - 21,63I_c^2 - 17,88 \quad \text{se } I_c > 1,64$$

Na Figura 8.10 é apresentado o gráfico SBT proposto por Robertson (2016) para a avaliação da suscetibilidade segundo os aspectos supracitados.

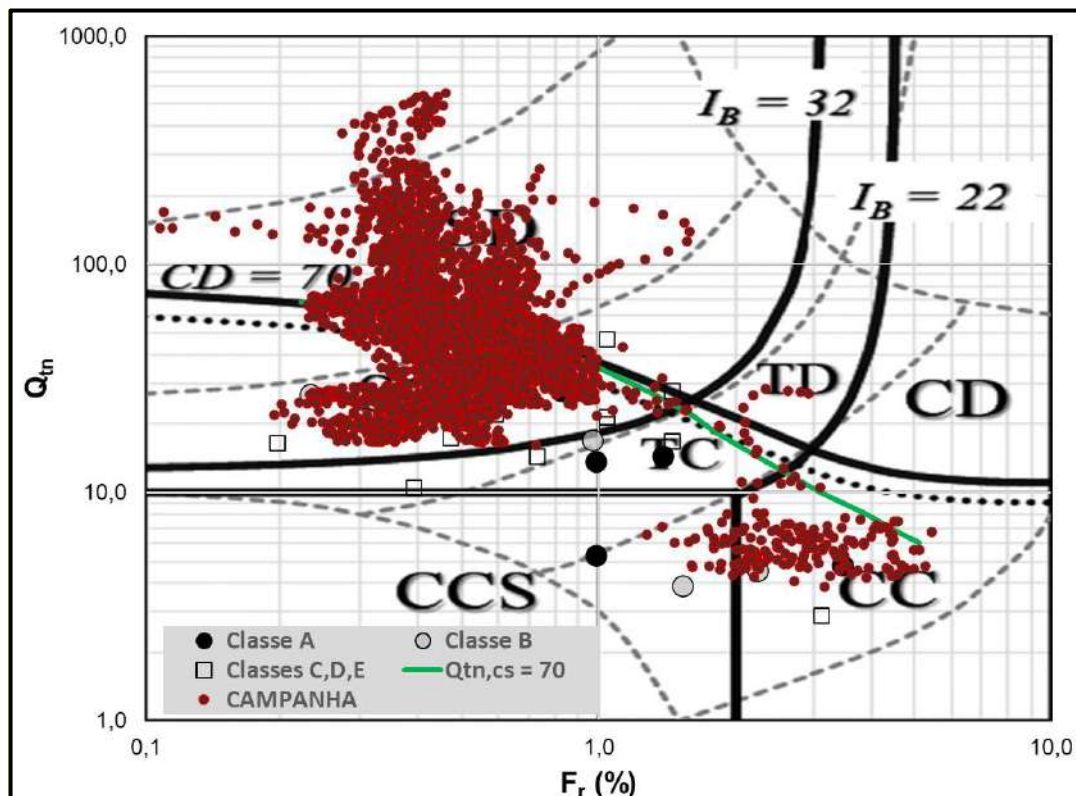


Figura 8.10 – Classificação SBT com casos históricos de liquefação para avaliação da SUSCETIBILIDADE segundo Robertson (2016).

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 63/137	
	Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0	

Estão plotados na Figura 8.10 círculos e quadrados referentes a casos históricos onde ocorreu liquefação, os círculos escuros representam os casos classificados por Robertson (2016) como classe A, referindo-se àqueles que tem excelente qualidade de dados, os casos classe B (círculos claros) já tem qualidade inferior de dados. A qualidade dos casos classe C, D e E (quadrados) são de qualidade ainda pior.

Na referida figura, a linha verde representa o contorno de $Q_{tn, cs} = 70$, observa-se que este contorno é praticamente coincidente com o contorno de $CD = 70$, principalmente nas regiões referentes a materiais mais granulares. Conforme supracitado, estes contornos são referência para enquadramento de materiais em comportamento contrátil e dilatante, sendo os materiais abaixo das linhas considerados contráteis.

Ainda na Figura 8.10, os pontos vermelhos representam os dados de CPTu obtidos no rejeito da Barragem BR. Nesse contexto, a Figura 8.11 mostra a porcentagem dos pontos que se enquadraram em cada região de interesse. Observa-se que 59% dos pontos encontram-se abaixo do contorno de $CD = 70$, configurando materiais predominantemente contráteis e suscetíveis a liquefação.

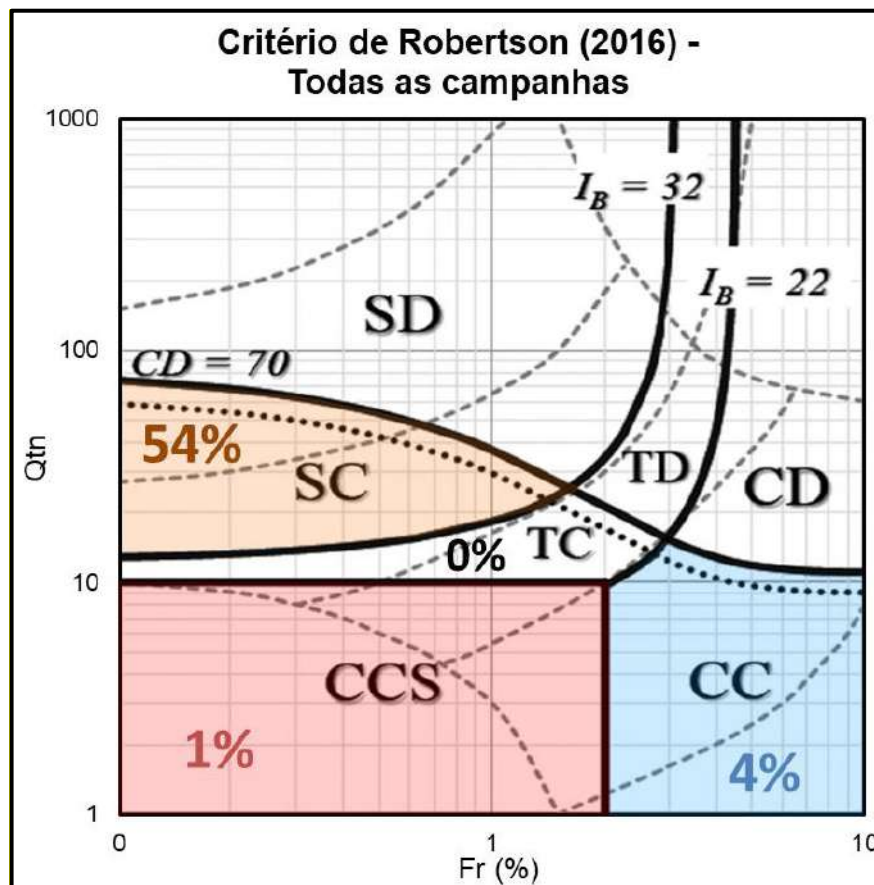


Figura 8.11 – Classificação SBT com casos históricos de liquefação para avaliação da suscetibilidade segundo Robertson (2016). Porcentagem dos pontos amostrados que se enquadraram em cada região abaixo da linha de contorno $CD = 70$.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 64/137	
	Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0	

É importante ressaltar que apenas 5% dos pontos são classificados como “*clay like contractive behavior*”, sendo que poucos casos de liquefação ocorreram nesta região. Mesmo assim, de forma conservadora e devido ao material não apresentar plasticidade significativa, estes materiais serão considerados como suscetíveis a liquefação.

Para as condições definidas pela metodologia proposta por Robertson (2016), 59% do material presente no reservatório da Barragem BR configura-se como material contrátil, portanto suscetível a liquefação.

- **Jefferies e Been (2016)**

Esta metodologia baseia-se na teoria dos estados críticos (Schofield e Wroth, 1968) através do parâmetro de estado (ψ), que representa a diferença entre o índice de vazios *in situ* e o índice de vazios no estado crítico ($\psi = e - e_c$) para a mesma tensão octaédrica efetiva (p'). Conforme observa-se na Figura 8.12, quando o parâmetro de estado é positivo, o material tem comportamento contrátil (gera excesso de poropressão positiva) e pode ser susceptível a liquefação. Por outro lado, quando o parâmetro de estado é negativo, o material tem comportamento dilatante (geram excesso de poropressão negativa) e o material não é suscetível a liquefação.

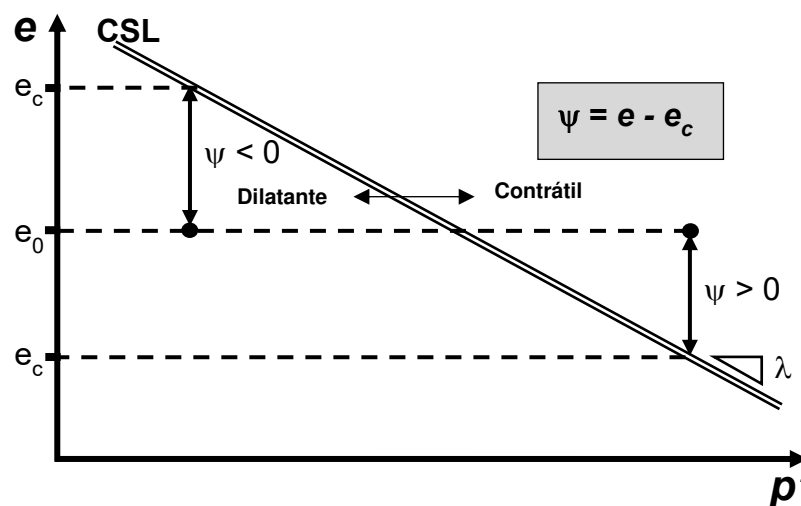


Figura 8.12 – Diagrama esquemático p' x e para representação gráfica do parâmetro de estado.

Embora teoricamente materiais com $\psi < 0$ devam ter comportamento dilatante, Jefferies e Been (2016) indica que se considere o limite entre comportamento dilatante e contrátil a partir de $\psi = -0,05$. Dessa forma, materiais com $\psi > -0,05$ se apresentam como suscetíveis a liquefação.

Plewes et al. (1992) apresenta uma metodologia de cálculo para o parâmetro de estado a partir de correlações entre resultados de ensaios CPTu e triaxias. Nessa abordagem, são considerados os parâmetros de resistência de ponta corrigida normalizada (\overline{Qp}), as tensões

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 65/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

verticais totais e efetivas (σ_v e σ'_v) e a razão de atrito lateral normalizada (F_r), ambos provenientes do CPTu; além do parâmetro de estado crítico (λ) e a inclinação da linha de estado crítico no plano p'x q (M), obtidos pelos ensaios triaxiais. O método é definido pelas Equação 5, Equação 6, Equação 7 e Equação 8

$$\psi = -\frac{\ln\left(\frac{\bar{Q}p}{\bar{k}}\right)}{\bar{m}} \quad \text{Equação 5}$$

$$\bar{Q}p = \frac{(q_t - \sigma_0)}{\sigma'_0} (1 - B_q) \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

$$\bar{k} = \left(3 + \frac{0,85}{\lambda}\right) M \quad \text{Equação 7}$$

$$\bar{m} = 11,9 + 13,3\lambda \quad \text{Equação 8}$$

Os autores também sugerem uma correlação para λ a partir de F_r , segundo a Equação 9.

$$\lambda = \frac{Fr(\%)}{10} \quad \text{Equação 9}$$

Robertson (2010), por sua vez sugere a aplicação da Equação 10 para correlacionar o valor de resistência de ponta normalizada corrigida ($Q_{tn,cs}$) obtida em ensaios de piezocone, com os parâmetros de estado.

$$\psi = 0,56 - 0,33x \ln Q_{tn,cs} \quad \text{Equação 10}$$

A Figura 8.13 indica o parâmetro de estado calculado pela metodologia indicado para os ensaios realizados na Barragem BR.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

66/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

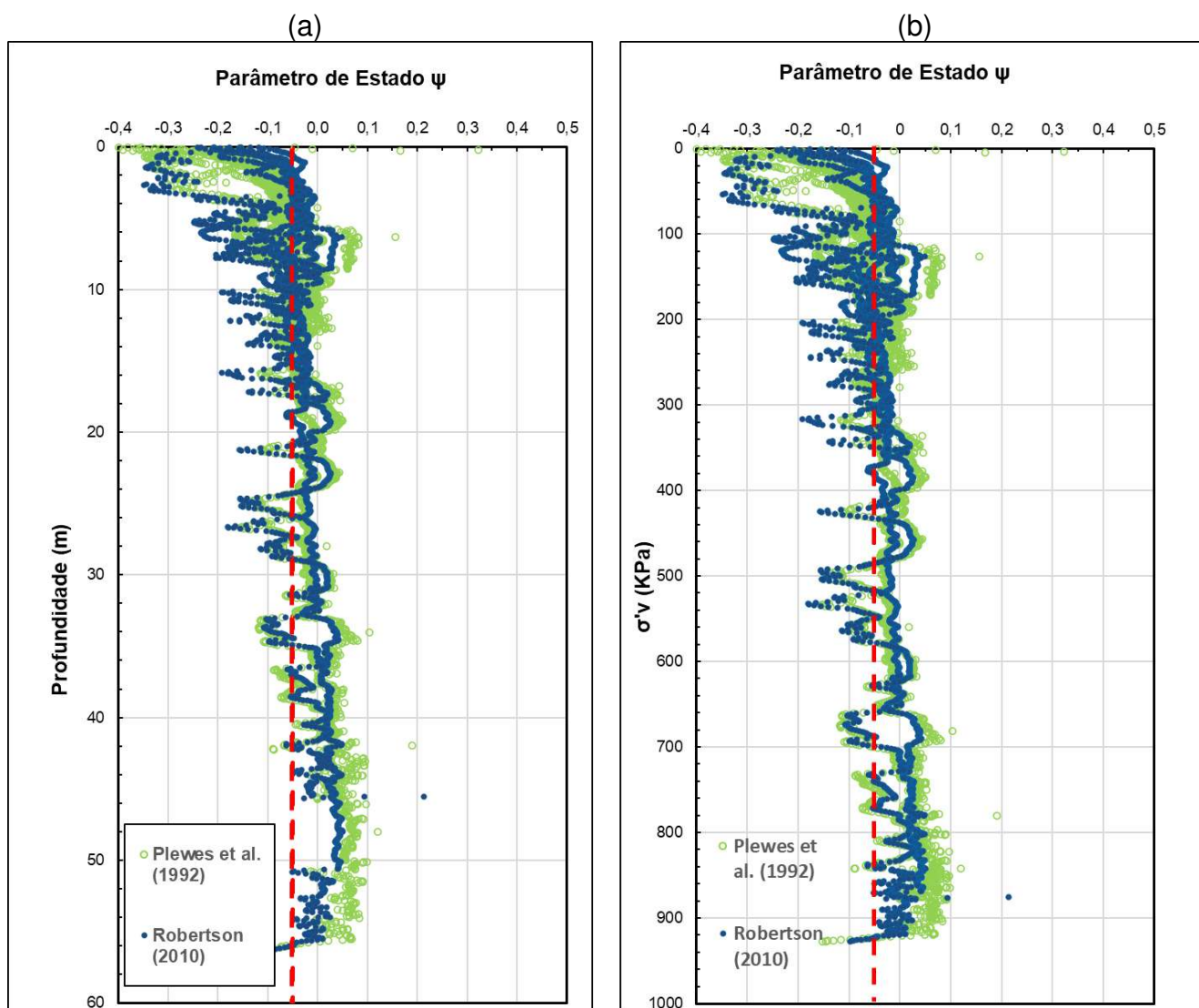


Figura 8.13 – Parâmetro de estado segundo correlação de Robertson (2010) e Plewes (1992) em relação a: (a) Profundidade e (b) Tensão efetiva.

Conforme observa-se na Figura 8.13, segundo as metodologias propostas aplicadas aos resultados do ensaio de piezocone, o material da praia de rejeitos do reservatório de rejeitos apresenta majoritariamente parâmetro de estado superior ao limite proposto por Jefferies e Been (2016), $\psi > -0,05$. Portanto configura-se como material contrátil, e conseqüentemente suscetível a liquefação.

8.2.3 Parâmetros de Resistência

Neste ítem são apresentados os parâmetros de resistência tanto na condição drenada (parâmetros efetivos c' e ϕ') como na condição não drenada (S_u). No caso da condição não

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 67/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

drenada (resistência não drenada S_u), em sendo susceptível a liquefação, é estimada não só a resistência de pico ($S_{u, pico}$) como também a resistência do rejeito liquefeito ($S_{u, liq}$).

Os parâmetros de resistência consolidados irão subsidiar as análises de estabilidade do projeto.

Para definição dos parâmetros supracitados são analisadas e interpretadas as investigações geotécnicas disponíveis, tanto de campo quanto de laboratório. Dentre os dados de campo destaca-se os ensaios de penetração (CPTu e SPT), e entre os ensaios de laboratório, os ensaios triaxiais do tipo CIU.

8.2.3.1 Resistência Drenada

Serão apresentadas a seguir os parâmetros de resistência obtidos na condição drenada utilizando os dados de ensaios triaxiais, SPT e CPTu.

8.2.3.1.1 Ensaios Triaxiais CIU

Para auxiliar na definição dos parâmetros de resistência do rejeito, foram analisados os ensaios triaxiais CIU realizados nas amostras PI01, PI02 e PI03 da campanha Pattrol 2014.

Conforme resumido na Tabela 8-4, foram analisados os ensaios triaxiais CIU de 3 (três) amostras indeformadas coletadas na praia de rejeitos da Barragem BR. As amostras foram coletadas nas profundidades de 1,2 m a 1,5 m, correspondendo à superfície da praia de rejeitos.

Tabela 8-4 Resumo dos ensaios triaxiais não drenados e respectivas amostras.

Código	Ponto de Coleta	Prof. (m)	Tipo	Ensaio	Comportamento
PI-01	Praia de Rejeito	1,2 a 1,5	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)	Dilatante
PI-02	Praia de Rejeito	1,2 a 1,5	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)	Dilatante
PI-03	Praia de Rejeito	1,2 a 1,5	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)	Dilatante

- Trajetória de Tensões

Os resultados dos triaxiais foram compilados no plano de tensões $t' \times s'$, procurando-se agrupar as amostras retiradas em profundidades semelhantes e com a mesma classificação granulométrica: P-01, PI-02 e PI-03 (silte arenoso com argila).

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC
-
Nº (CONTRATADA)
DF19-263-1-EG-RTE-0001

PÁGINA
68/137
REV.
0

Nesse sentido, as Figura 8.14, Figura 8.15 e Figura 8.16 apresentam, respectivamente, a variação ϕ' para as amostras PI-01, PI-02 e PI-03 ensaiadas no rejeito da Barragem BR.

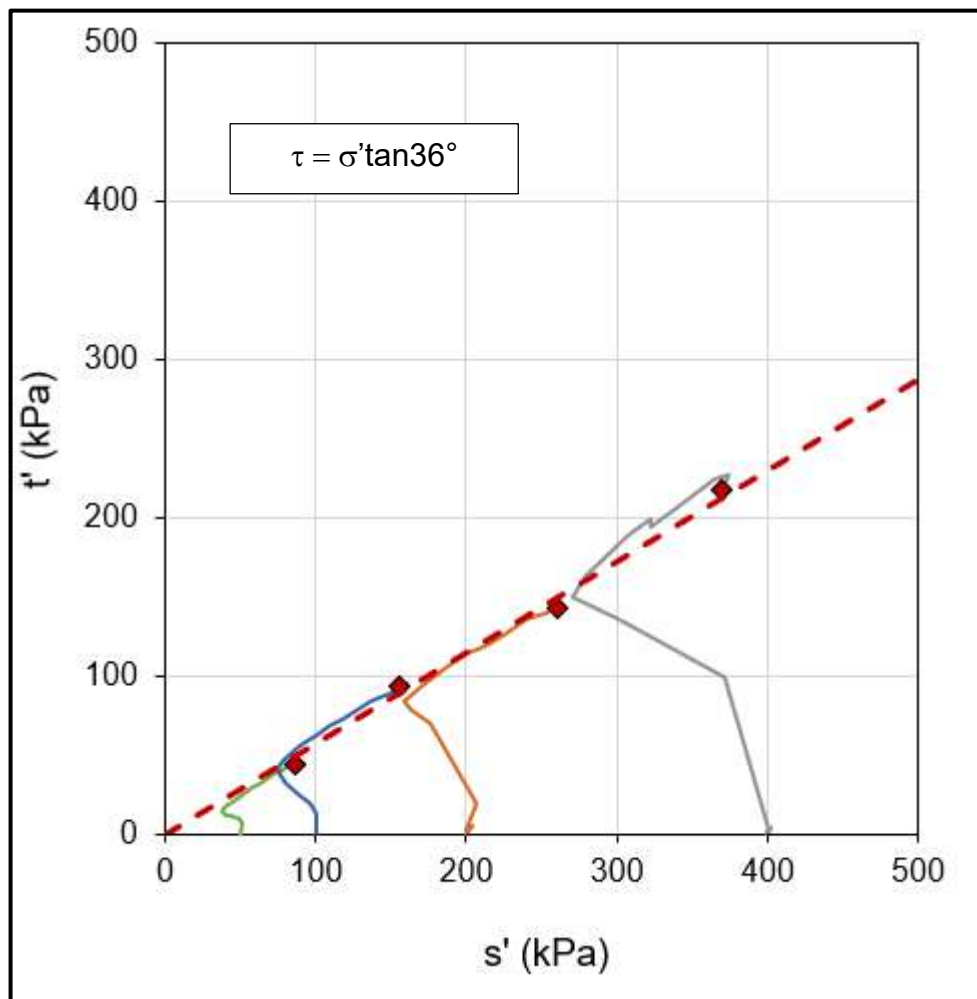


Figura 8.14 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-01, no plano $t' \times s'$.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

69/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

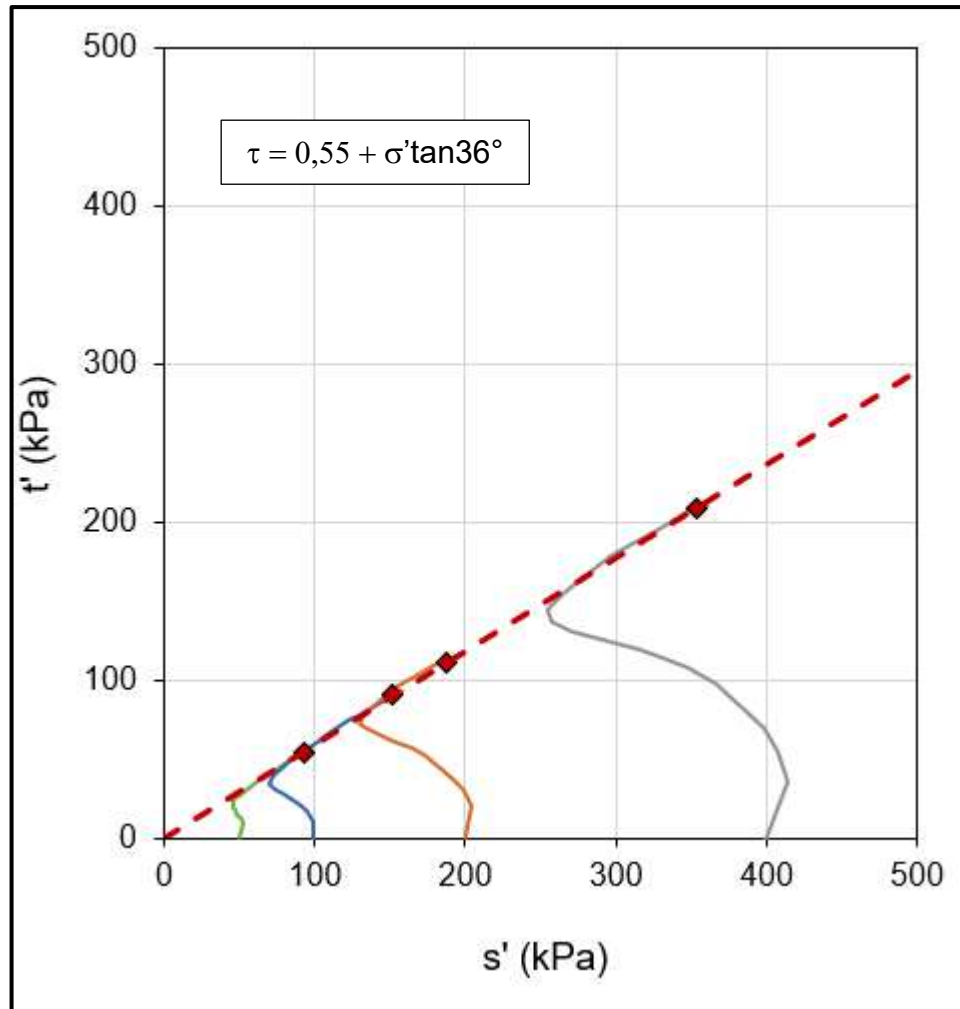


Figura 8.15 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-02, no plano $t' \times s'$.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

70/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

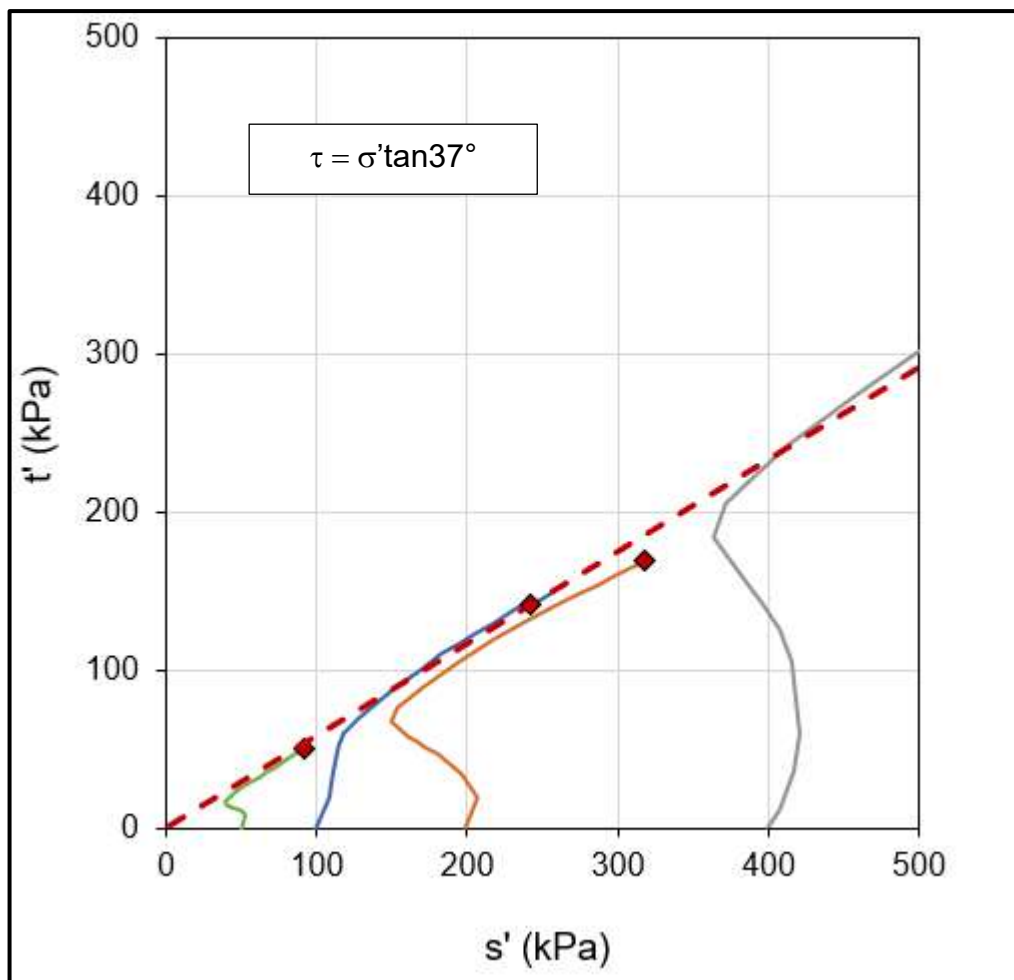


Figura 8.16 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-03, no plano $t' \times s'$.

Observa-se, a partir das curvas analisadas, que foi obtido ângulo de atrito efetivo de pico entre 36° e 37°, além de intercepto coesivo variando entre 0 a 0,5kPa, para o rejeito de flotação da barragem BR.

8.2.3.1.2 Ensaios de penetração (SPT)

Considerando todas as campanhas realizadas no rejeito da barragem BR, um total de 11 furos interceptaram o rejeito disposto no reservatório da barragem, sendo que, considerando os dados tratados, os valores de N_{SPT70} variaram de 1 a 19 golpes, com uma média de 7 golpes.

A Figura 8.17 apresenta o histograma de distribuição normal para os dados obtidos de todas as sondagens à percussão realizadas no rejeito disposto no reservatório da Barragem BR. A Figura 8.18 indica a distribuição log normal para os mesmos dados.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC	PÁGINA
-	71/137
Nº (CONTRATADA)	REV.
DF19-263-1-EG-RTE-0001	0

Foi definido um intervalo de confiança de 95% e, assim, foram excluídos os dados que estavam fora deste intervalo. Sendo assim, os valores de N_{SPT} da série considerada variam de 1 a 19 golpes. O primeiro quartil da distribuição amostral foi de 4 golpes, sendo este um valor que pode ser utilizado para calcular os parâmetros de resistência de maneira conservadora.

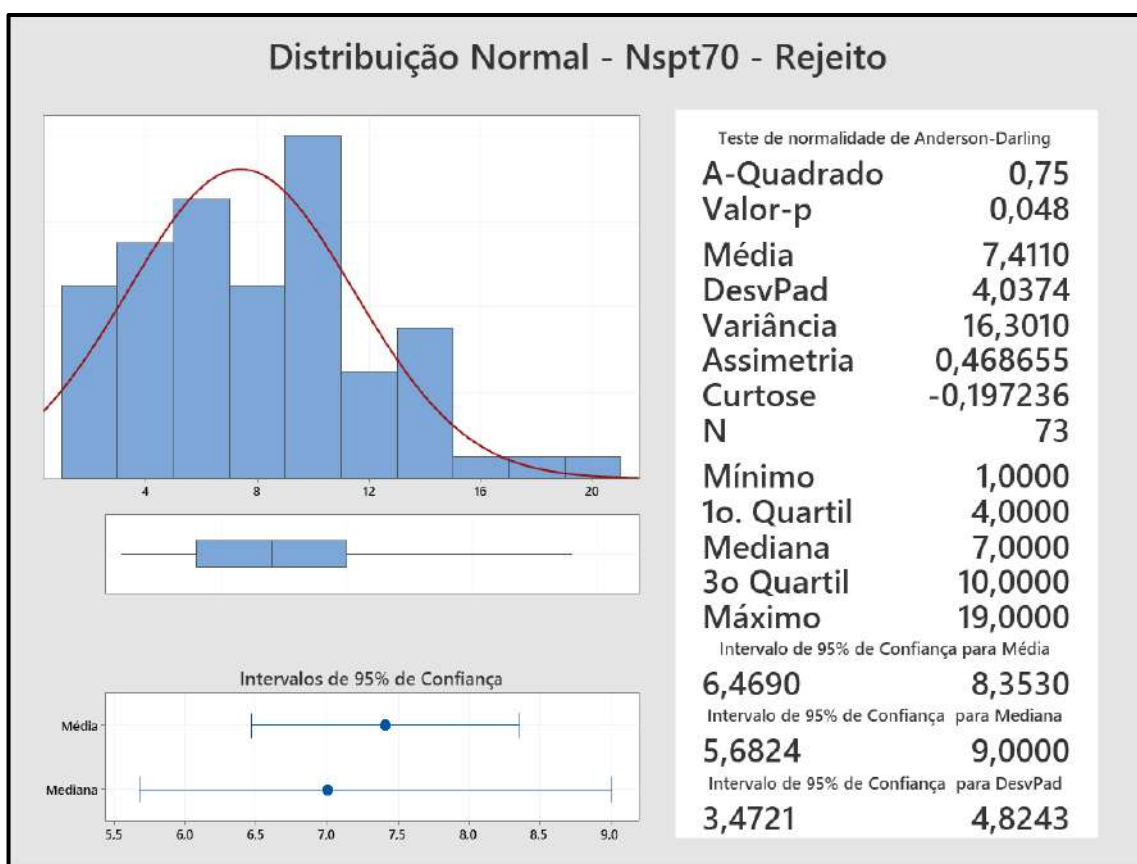


Figura 8.17 – Histograma de distribuição normal – N_{SPT} – Rejeito.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

72/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

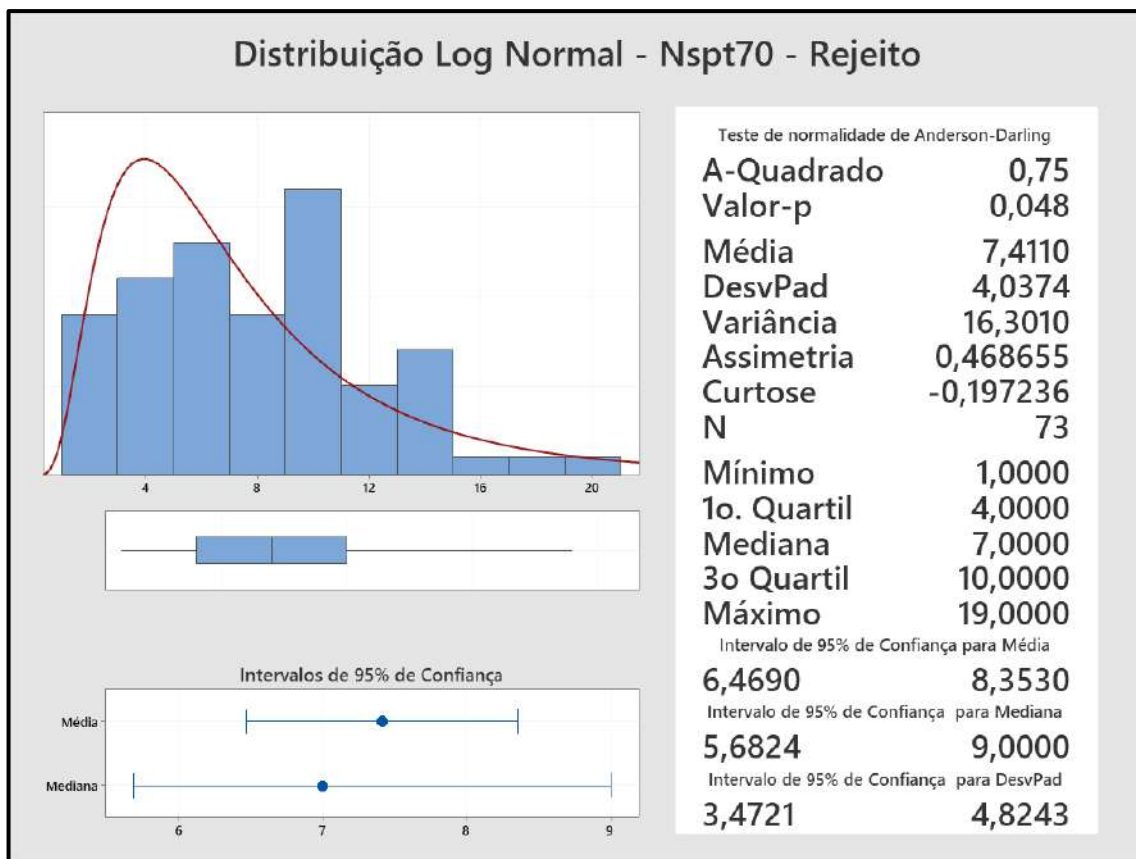


Figura 8.18 – Histograma de distribuição log normal – NSPT – Rejeito.

As Figura 8.19 e Figura 8.20 indicam os histogramas de distribuição normal e log normal para o parâmetro Densidade Relativa (DR) do material. Observa-se que a densidade relativa variou de 16 a 86, com uma média de 49.

A Densidade Relativa foi calculada pois, conforme será abordado no item seguinte, algumas correlações para definição do ângulo de atrito do rejeito são baseadas neste parâmetro. Sendo assim, foi feito o mesmo tratamento estatístico utilizado nos valores de N_{SPT}.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC	PÁGINA
-	73/137
Nº (CONTRATADA)	REV.
DF19-263-1-EG-RTE-0001	0

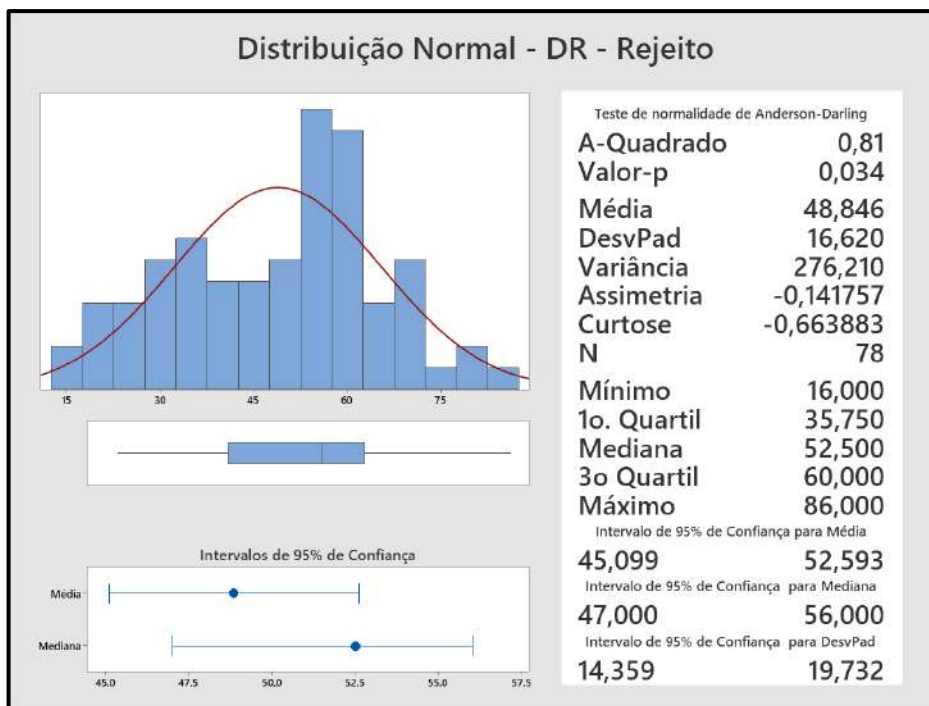


Figura 8.19 – Histograma de distribuição normal – Densidade Relativa – Rejeito.

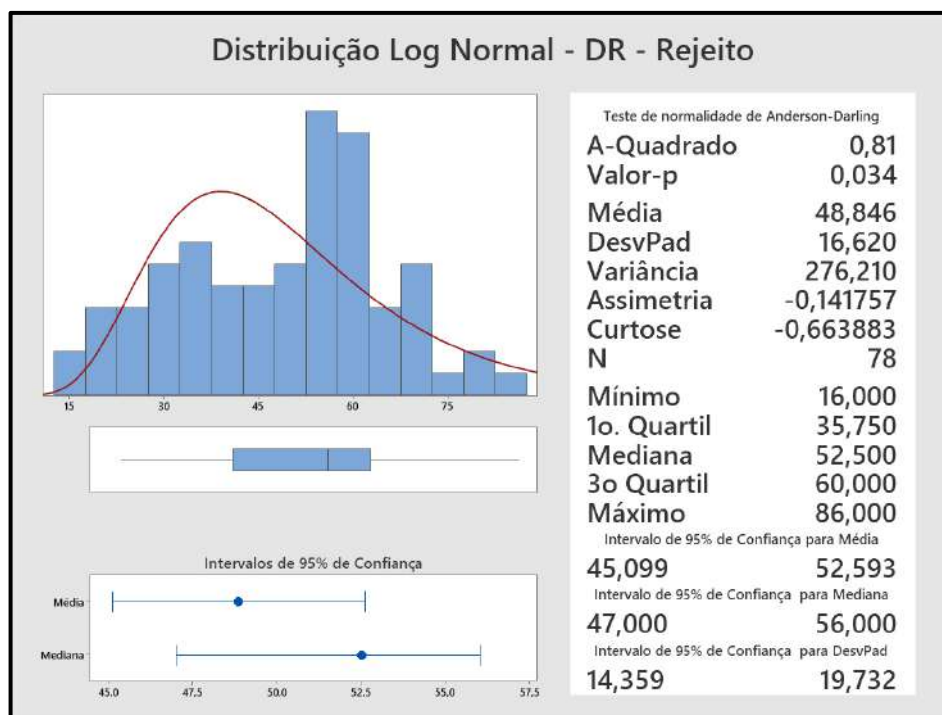


Figura 8.20 – Histograma de distribuição log normal – Densidade Relativa – Rejeito.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 74/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Os parâmetros de resistência drenada foram estimados com base em correlações empíricas baseadas no $N_{SPT,70}$ e na densidade relativa (DR) calculada a partir dos ensaios de SPT, além das descrições geológico-geotécnicas.

Considerando a base de dados disponível foram realizadas análises estatísticas do $N_{SPT,70}$ e da densidade relativa (DR), adotando-se os valores calculados de média e moda. Sobre estes valores foram aplicadas as metodologias para determinação do ângulo de atrito efetivo, conforme Tabela 8-5 e Tabela 8-6.

Tabela 8-5 – Ângulo de atrito efetivo em função da DR – Rejeito.

Parâmetros estatísticos da DR	Ângulo de atrito (Φ') em função de DR			
	Meyerhof, 1959	de Mello, 1971	Giuliani e Nicoll, 1972	Rocha Filho, 1983
Média (49)	35	35	38	36
Moda (58)	37	38	39	38
Máximo (86)	41	48	42	43
Mínimo (16)	30	28	33	29
1º Quartil (36)	33	32	36	33

Tabela 8-6 – Ângulo de atrito efetivo em função da $N_{SPT,70}$ – Rejeito.

Parâmetros estatísticos do $N_{SPT,70}$	Ângulo de atrito (Φ') em função de $N_{SPT,70}$						
	Lambe e Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka e Uchida, 1996	Teixeira e Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009
Média (7)	29	31	30	33	27	29	31
Moda (9)	30	32	31	34	28	30	32
Máximo (19)	35	36	36	41	34	35	40
Mínimo (1)	<28	28	27	24	19	23	18
1º Quartil (4)	28	30	29	29	24	27	26

Observa-se uma expressiva dispersão dos valores calculados para o 1º quartil das amostras de SPT pelos diferentes métodos propostos. O ângulo de atrito efetivo variou entre 32º e 36º em função da densidade relativa e entre 24º e 30º em função do $N_{SPT,70}$.

8.2.3.1.3 Ensaios de penetração (CPTu)

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 75/137	
	Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0	

Para os ensaios CPTu iremos considerar a correlação proposta por Kulhawy e Mayne (1990), apresentada na Equação 11 indicada a seguir.

$$\phi'_{CPTu} = 17,6^\circ + 11,0x \log(q_{t1}) \quad \text{Equação 11}$$

O ângulo de atrito efetivo foi então calculado em relação à profundidade do ensaio. Os resultados são apresentados na Figura 8.21, na qual também foi projetado, como referência, o ângulo de atrito calculado pelos ensaios triaxiais ($\phi' = 36^\circ$ a $\phi' = 37^\circ$).

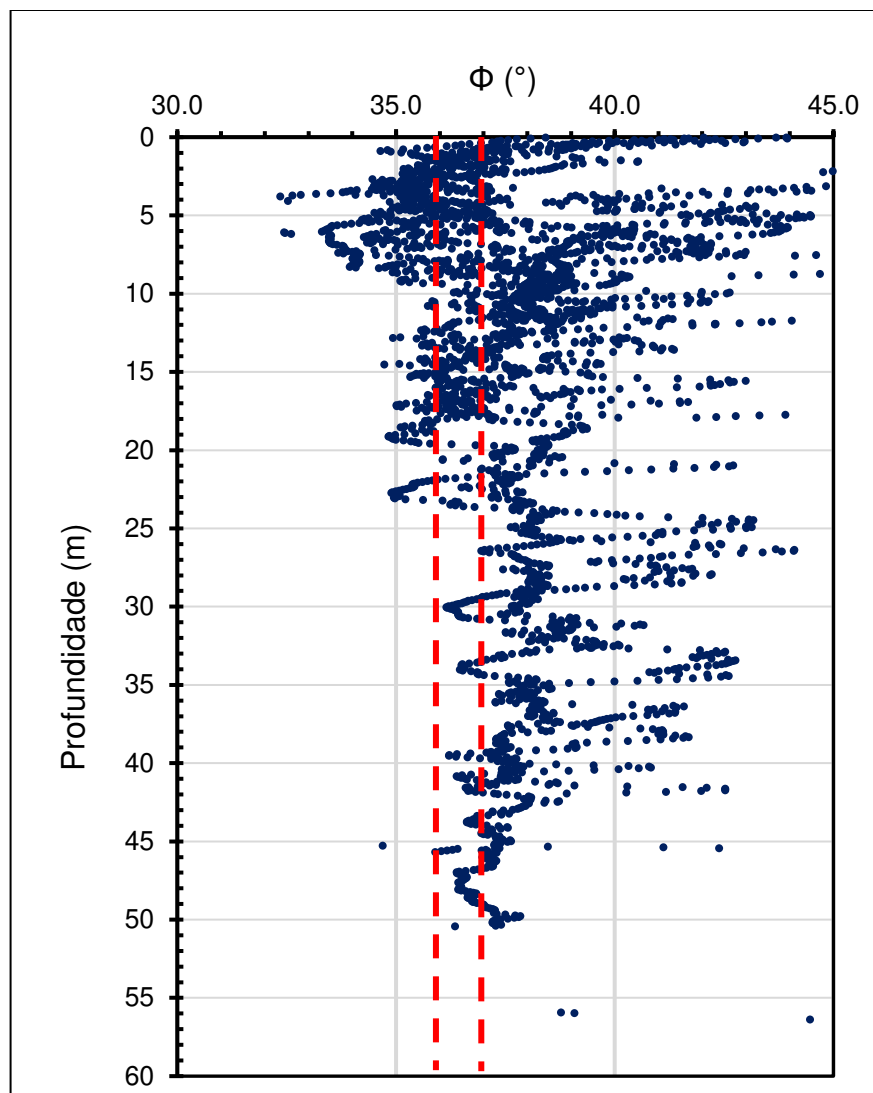


Figura 8.21 – Ângulo de atrito efetivo calculado pela profundidade – Rejeito.

As Figura 8.22 e Figura 8.23 indicam os histogramas de distribuição normal e log normal para o parâmetro ângulo de atrito (Φ) do material. O parâmetro variou de 33° a 42° , com uma média de 37° . Foi estabelecido um intervalo de confiança de 95%, sendo que os resultados fora deste

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC	PÁGINA
-	76/137
Nº (CONTRATADA)	REV.
DF19-263-1-EG-RTE-0001	0

intervalo não foram considerados na análise estatística. Observa-se que, para a amostra analisada, no primeiro quartil o ângulo de atrito foi de aproximadamente 36°.

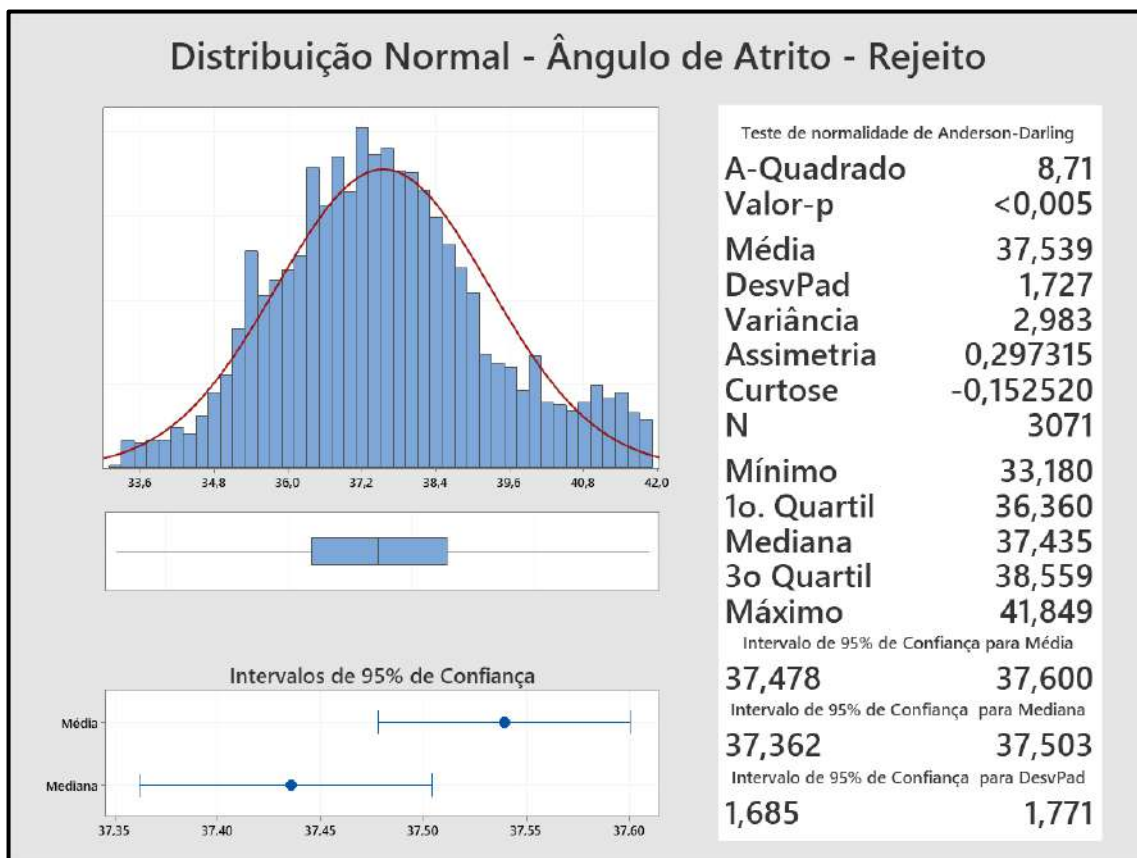


Figura 8.22 – Histograma de distribuição normal – Ângulo de atrito efetivo – Rejeito.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

77/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

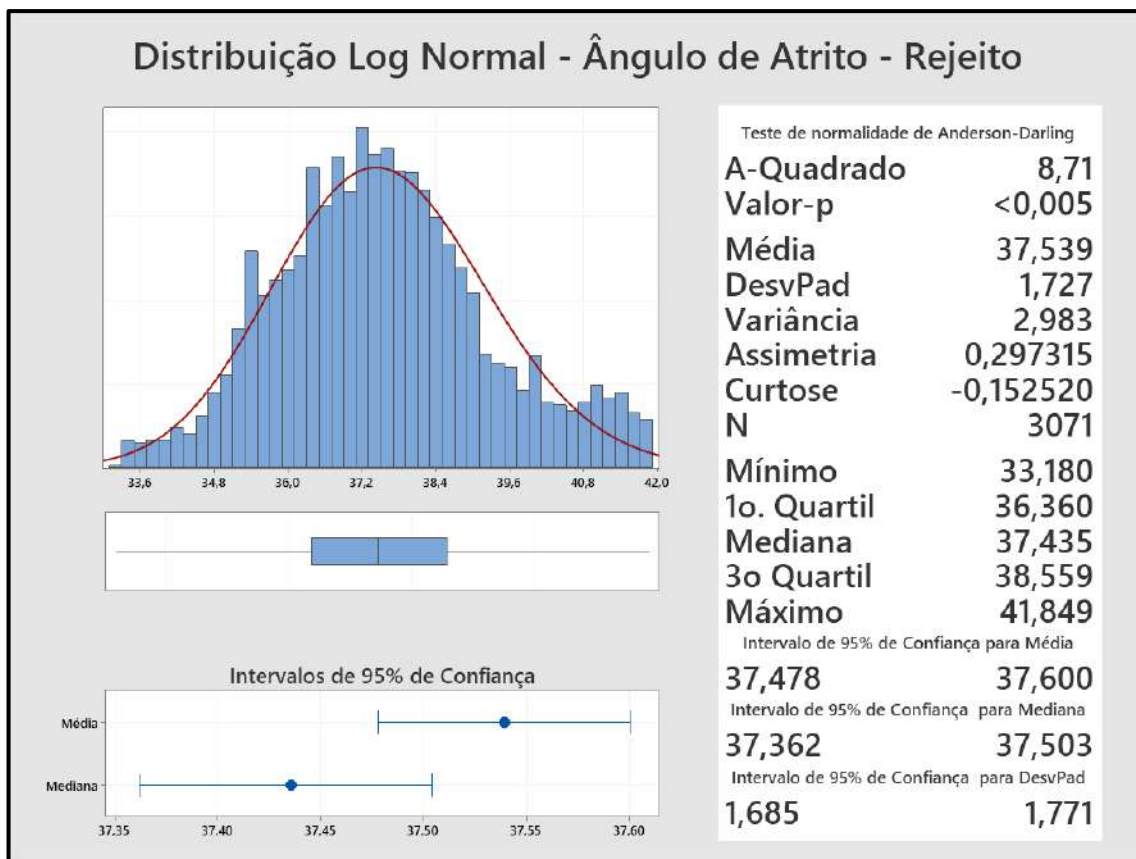


Figura 8.23 – Histograma de distribuição log normal – Ângulo de atrito efetivo – Rejeito.

Observa-se uma variação do ângulo de atrito efetivo calculado pelo método de Kulhawy e Mayne (1990) de 33° a 42°. A análise estatística aponta para um valor de 36° para o primeiro quartil da distribuição.

8.2.3.1.4 Determinação dos Parâmetros de Resistência Drenados

Para este projeto, será adotado ângulo de atrito efetivo do rejeito drenado igual a 36°, correspondente ao valor dentro o primeiro quartil da amostra dos dados dos ensaios CPTu. Este valor encontra-se dentro do intervalo obtido pelos ensaios triaxiais para o ângulo de atrito (ϕ') e para as correlações utilizando ensaios SPT. Para o parâmetro de coesão efetiva será adotado valor de 0 kPa, conforme analisado nos ensaios triaxiais CIU.

8.2.3.2 Resistência Não Drenada

Rupturas por liquefação são em geral deflagradas de forma progressiva, onde uma porção do maciço perde resistência e transfere carga aos demais trechos. Este contexto provoca

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 78/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

carregamentos não drenados, com geração de excesso de poropressão, ao longo da superfície crítica de ruptura. Não sendo trivial a previsão de geração de excessos de poropressões na zona de cisalhamento, utilizam-se parâmetros de resistência não drenada para análise de estabilidade.

8.2.3.2.1 Ensaio de penetração (CPTu)

A resistência não drenada também foi estimada a partir de correlações aplicadas aos ensaios de penetração CPTu (piezocone) e SPT (standard penetration test).

Para os materiais da estrutura classificados como susceptíveis, foram calculados os valores de razão de resistência de pico não drenada (Su_{pico}) e a resistência liquefeita não drenada (Su_{liq}) seguindo a metodologia proposta por Olson e Stark (2003), considerando ensaios CPTu, conforme a Equação 12 e Equação 13.

$$\frac{Su_{pico}}{\sigma'_{vo}} = 0,205 + 0,0143xq_{c160} \pm 0,04 \quad \text{Equação 12}$$

$$\frac{Su_{liq}}{\sigma'_{vo}} = 0,030 + 0,0143xq_{c160} \pm 0,03 \quad \text{Equação 13}$$

Equações válidas para $q_{c1} \leq 6,5$ Mpa.

A seguir, na Figura 8.24, são apresentadas as faixas de variação para a resistência não drenada de pico e liquefeita para o rejeito disposto no reservatório da Barragem BR. Observa-se que a faixa foi de 0,25 a 0,32 para a resistência de pico e de 0,07 a 0,15 para a resistência liquefeita.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

79/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

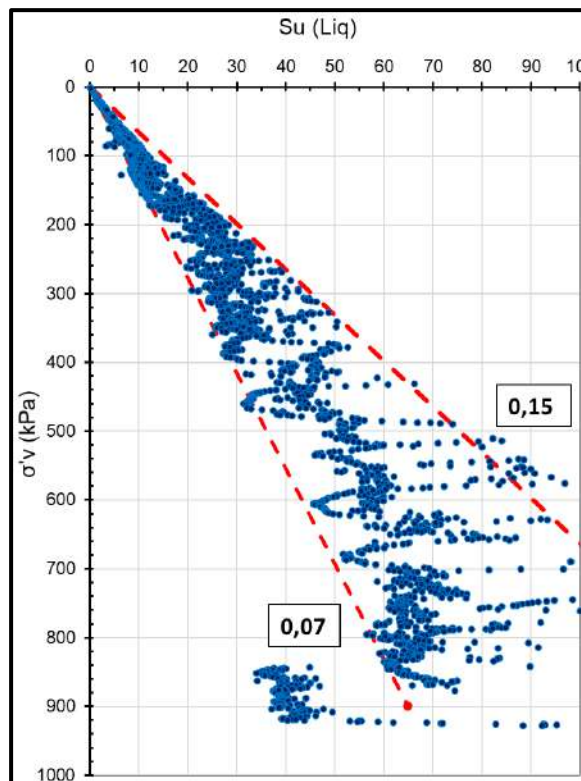
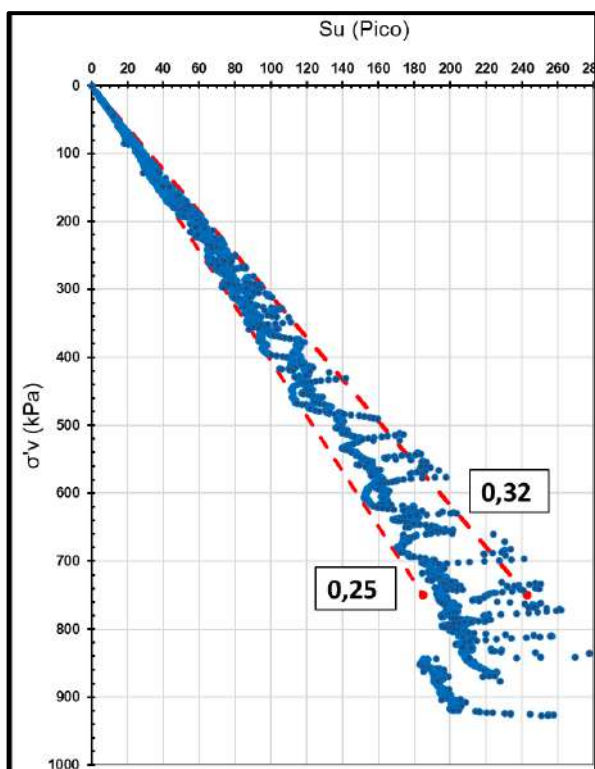


Figura 8.24 - Faixa de variação dos parâmetros de resistência não drenada (pico e liquefeita) para os ensaios de CPTu – Rejeito

Para definição dos valores determinísticos de razão de resistência não drenada (pico e liquefeita) considerando a condição não drenada dos rejeitos (S_u / σ'_{v0}), será realizado um tratamento estatístico considerando os resultados dos ensaios CPTu (Figura 8.25 a Figura 8.28)

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

80/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

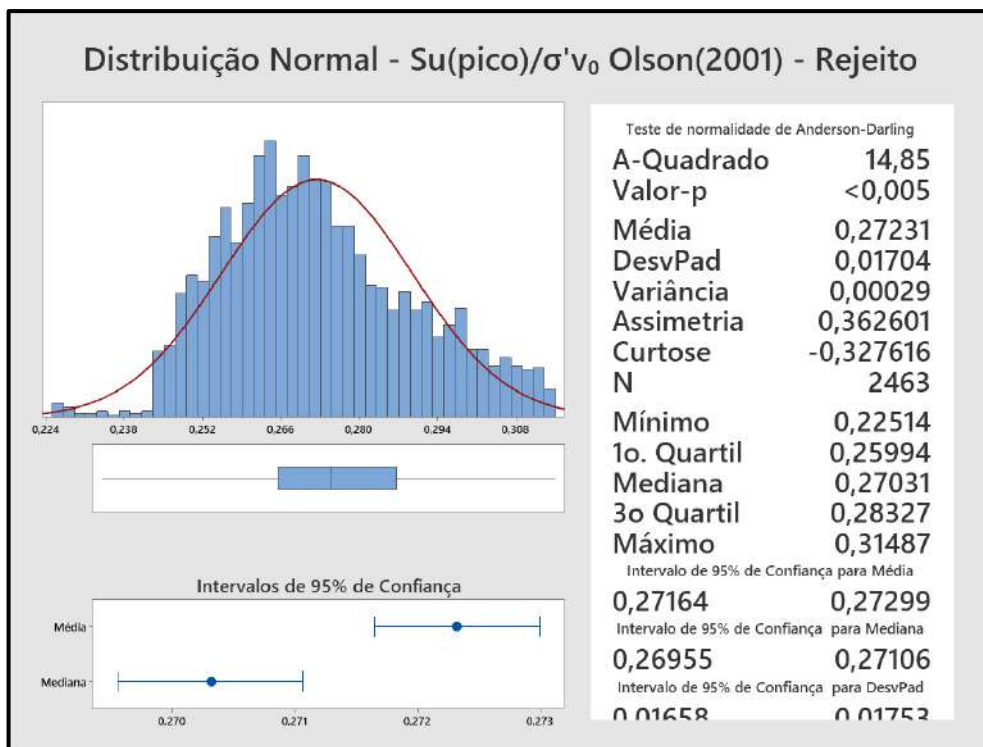


Figura 8.25- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (pico) - CPTu – Rejeito

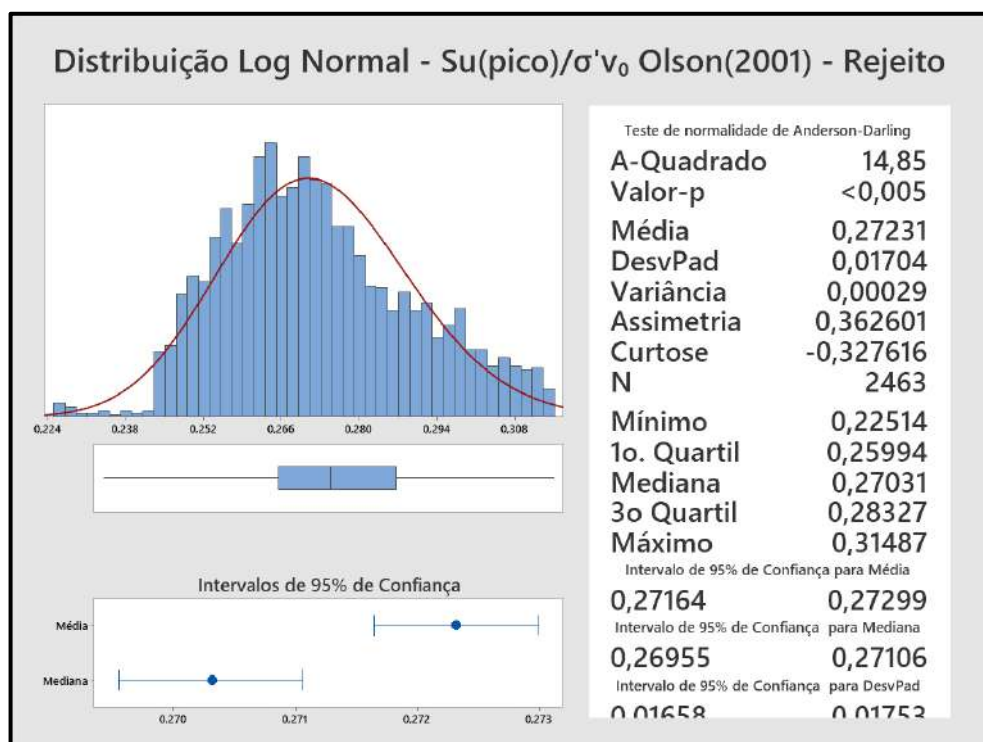


Figura 8.26- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (pico) - CPTu – Rejeito

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC
-
Nº (CONTRATADA)
DF19-263-1-EG-RTE-0001

PÁGINA
81/137
REV.
0

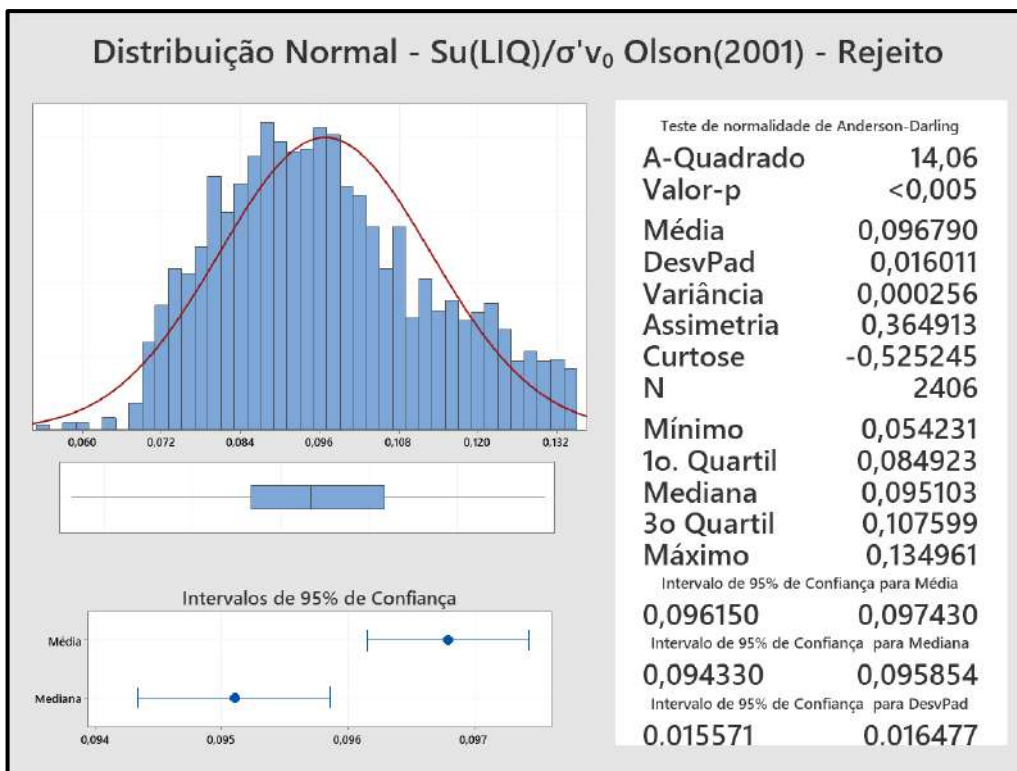


Figura 8.27- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - CPTu – Rejeito

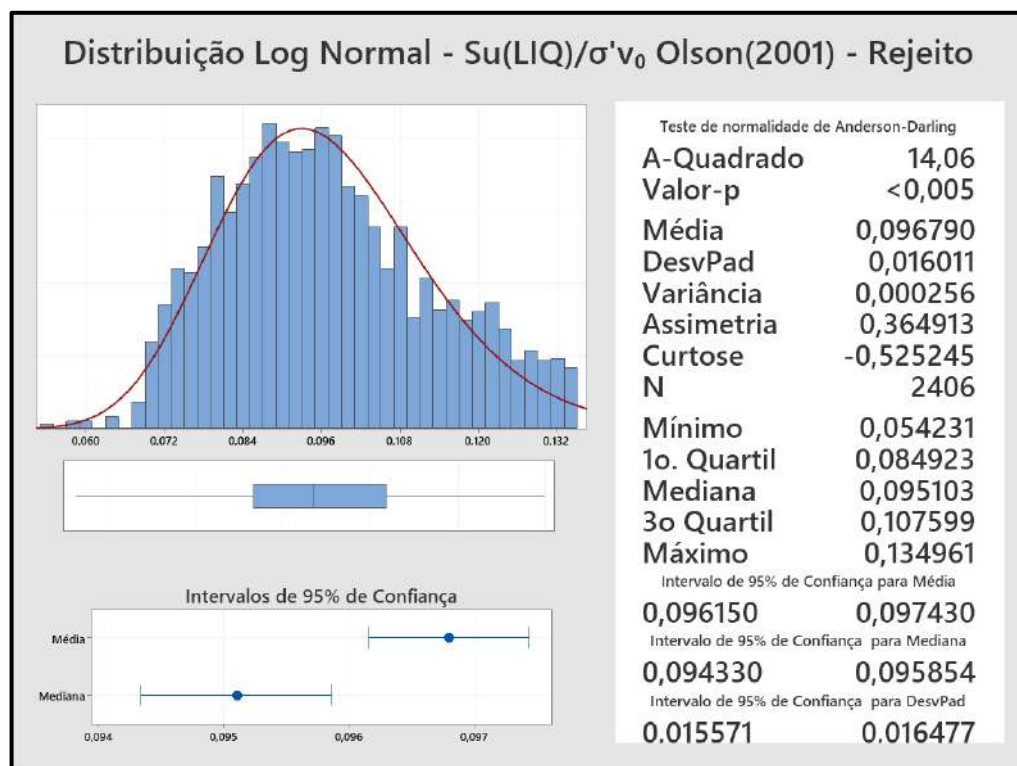


Figura 8.28- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - CPTu – Rejeito

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 82/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Conforme pode ser observado da Figura 8.25 a Figura 8.28, a faixa de variação da resistência não drenada de pico e liquefeita varia de 0,22 a 0,31 e 0,05 e 0,13, respectivamente.

Após análise estatística, tomando como referência o 1º quartil, a resistência de pico foi determinada em 0,26 e a liquefeita em 0,08.

8.2.3.2.2 Ensaios de penetração (SPT)

Conforme mencionado anteriormente, foi feita uma análise de susceptibilidade à liquefação do rejeito estudado. A partir da metodologia apresentada, parte do material analisado foi considerado susceptível.

Para os rejeitos da barragem Forquilha III classificados como susceptíveis, foram calculados os valores de razão de resistência de pico não drenada (Su_{pico}) e a resistência liquefeita não drenada (Su_{liq}) seguindo a metodologia proposta por Olson e Stark (2003), válida para materiais granulares, não plásticos e contrácteis considerando ensaios SPT, conforme a Equação 14 e Equação 15 apresentada a seguir.

$$\frac{Su_{pico}}{\sigma'_{vo}} = 0,205 + 0,0075xN_{160} \pm 0,04 \quad \text{Equação 14}$$

$$\frac{Su_{liq}}{\sigma'_{vo}} = 0,030 + 0,0075xN_{160} \pm 0,03 \quad \text{Equação 15}$$

Equações válidas para $(N_1)_{60} \leq 12$.

A seguir, na Figura 8.29, são apresentadas as faixas de variação para a resistência não drenada de pico e liquefeita para o rejeito disposto no reservatório da Barragem BR. Observa-se que a faixa foi de 0,21 a 0,30 para a resistência de pico e de 0,04 a 0,12 para a resistência liquefeita.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

83/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

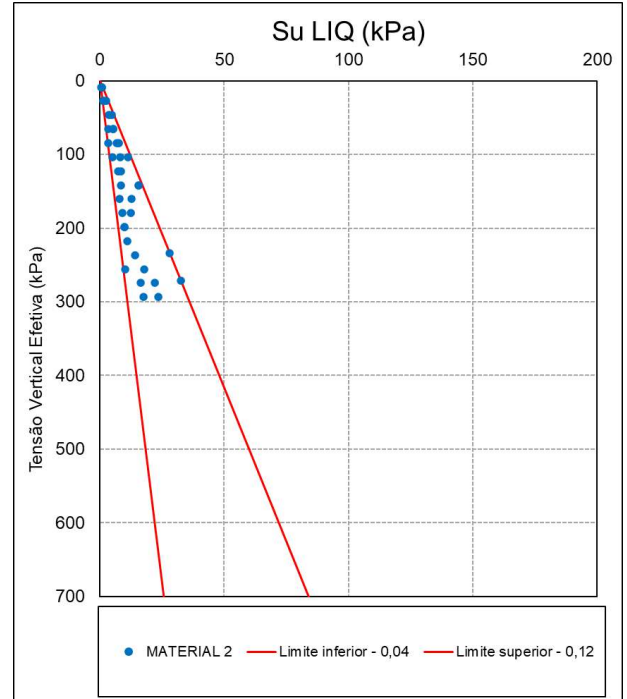
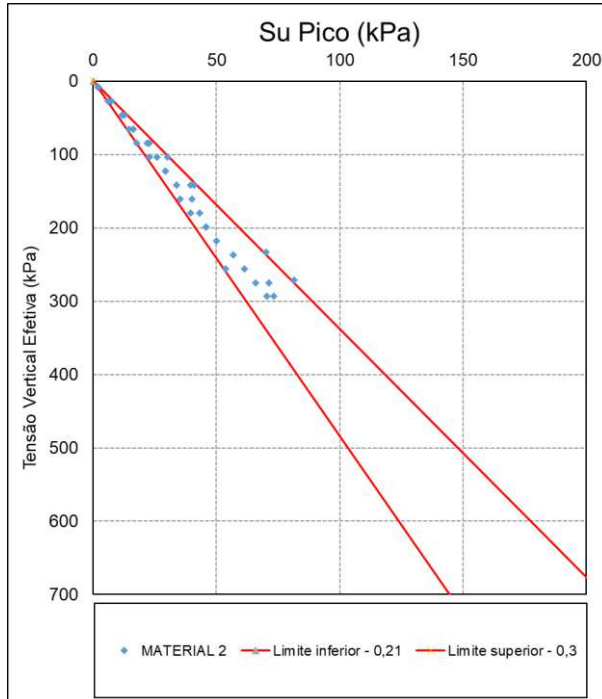


Figura 8.29 – Faixa de variação dos parâmetros de resistência não drenada (pico e liquefeita) para os ensaios de SPT – Rejeito.

Para definição dos valores determinísticos de razão de resistência não drenada (pico e liquefeita) considerando a condição não drenada dos rejeitos (S_u / σ'_{v0}), será realizado um tratamento estatístico considerando os resultados dos ensaios SPT (Figura 8.30 a Figura 8.31).

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

84/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

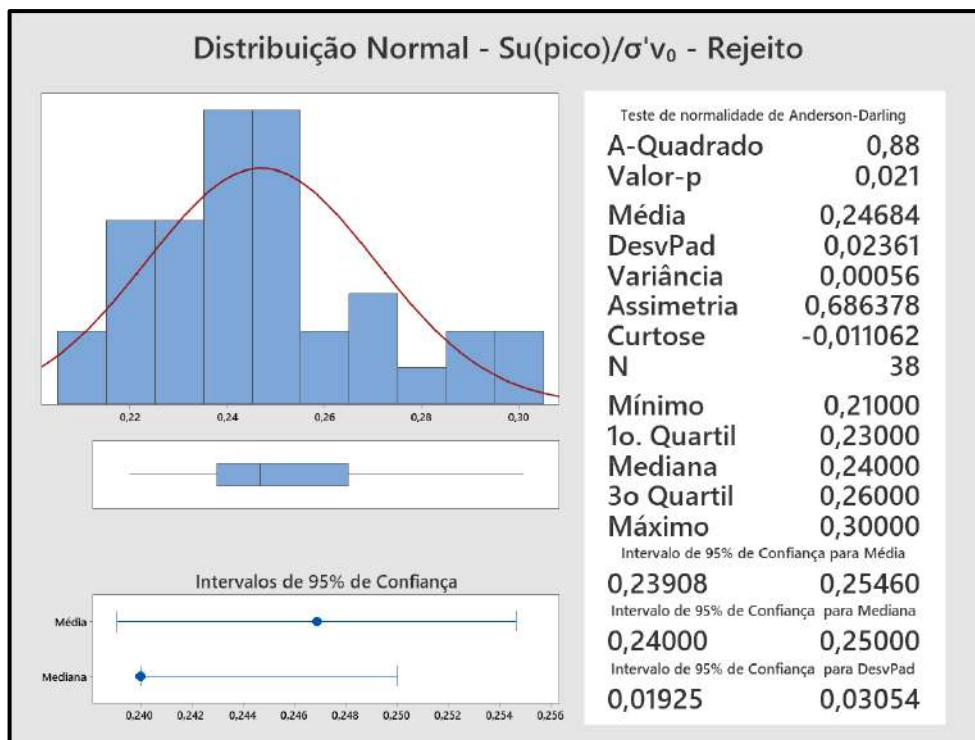


Figura 8.30- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (pico) - SPT – Rejeito

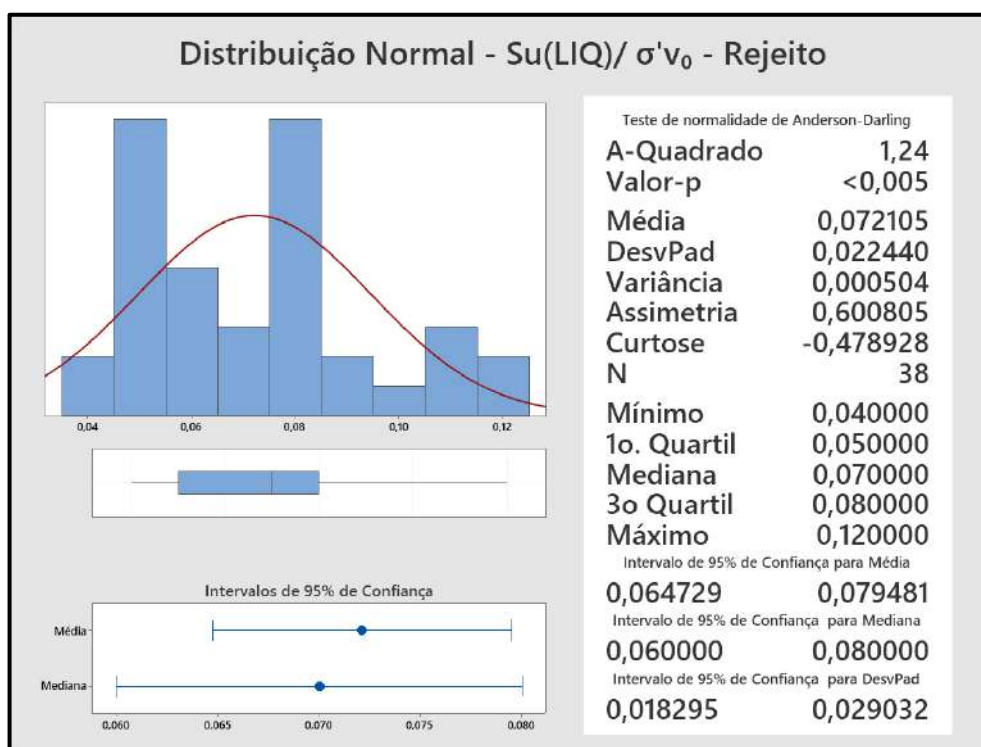


Figura 8.31- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - SPT – Rejeito

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 85/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Conforme pode ser observado da Figura 8.30 a Figura 8.31, a faixa de variação da resistência não drenada de pico e liquefeita varia de 0,21 a 0,30 e 0,04 e 0,12, respectivamente.

Após análise estatística, tomando como referência o 1º quartil, a resistência de pico foi determinada em 0,23 e a liquefeita em 0,05.

8.2.3.2.3 Determinação dos Parâmetros de Resistência Não Drenados

Para este projeto, será adotada razão de resistência não drenada de pico igual a 0,26, valor obtido a partir das análises dos dados dos ensaios CPTu, além de ser conservador em relação aos outros métodos de análise propostos. A razão de resistência não drenada liquefeita adotada foi de 0,08, valor obtido para o 1º quartil das análises de CPTu.

8.2.1 Parâmetros de Permeabilidade

O parâmetro de permeabilidade dos rejeitos foi analisado considerando os ensaios SPT, de laboratório e CPTu, conforme descritos a seguir:

Na campanha de ensaios realizada pela Pattrol em 2014, observou-se que alguns furos de sondagem foram executados no rejeito. Os ensaios de infiltração realizados nesses furos indicaram um coeficiente de permeabilidade médio de $7,55 \times 10^{-7}$ m/s. A Tabela 8-7 apresenta os resultados dos ensaios de infiltração realizados nesse furo.

Tabela 8-7 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios infiltração no rejeito.

Campanha	Código do furo	Resultados – k (cm/s)			K médio	
		Trechos Ensaados (m)			cm/s	m/s
		2,0 a 5,0	7,0 a 10,0	12,0 a 15,0		
Pattrol (2014)	SP 02	5,44E-05	2,61E-05	-	4,03E-05	4,03E-07
	SP 03	8,65E-05	6,66E-05	-	7,66E-05	7,66E-07
	SP 04	1,60E-04	2,73E-05	-	9,37E-05	9,37E-07
	SP 05	1,18E-04	8,80E-05	-	1,03E-04	1,03E-06
	SP 06	3,58E-05	1,13E-04	6,19E-05	7,44E-05	7,44E-07
	SP 07	5,20E-05	1,91E-05	4,54E-05	3,56E-05	3,56E-07
	SP 08	1,64E-04	3,30E-05	4,67E-05	9,85E-05	9,85E-07
	SP 09	1,31E-04	3,27E-05	4,10E-05	8,19E-05	8,19E-07

Na campanha de 2014 da Pattrol foram coletadas amostras para ensaios de laboratório, sendo que 3 das amostras retiradas no rejeito foram utilizadas para ensaios de permeabilidade. A Tabela 8-8 resume os resultados obtidos. A média dos resultados foi de $4,67 \times 10^{-5}$ m/s.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 86/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Tabela 8-8 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de laboratório no rejeito – Georadar 2016

Amostra	Prof. (m)	Tipo de amostra	k (cm/s)	k (m/s)
PI 01	1,2 a 1,5	Amostra indeformada	4,90E-03	4,90E-05
PI 02	1,2 a 1,5	Amostra indeformada	5,15E-03	5,15E-05
PI 03	1,2 a 1,5	Amostra indeformada	3,95E-03	3,95E-05

Além disso, nas sondagens CPTu realizadas em 2019 pela Pattrol, foram realizados ensaios de dissipação em ambos os furos (CPTu-01 e CPTu-02). Os resultados estão indicados na Tabela 8-9. Alguns ensaios não foram bem executados e por isso foram descartados, como são os casos das profundidades 34,55 m e 40,90 m. A média dos resultados foi de $4,24 \times 10^{-8}$ m/s

Tabela 8-9 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de dissipação – Pattrol 2019

Código do furo	Profundidade da leitura (m)	Leitura k (cm/s)	Leitura k (m/s)
CPTu-01	34,55	-	-
CPTu-01	37,90	$2,96 \times 10^{-6}$	$2,96 \times 10^{-8}$
CPTu-01	40,90	-	-
CPTu-01	43,95	$1,05 \times 10^{-6}$	$1,05 \times 10^{-8}$
CPTu-01	46,95	$2,58 \times 10^{-6}$	$2,58 \times 10^{-8}$
CPTu-01	50,00	$4,68 \times 10^{-6}$	$4,68 \times 10^{-8}$
CPTu-01	53,00	$2,26 \times 10^{-6}$	$2,26 \times 10^{-8}$
CPTu-01	56,00	$2,80 \times 10^{-6}$	$2,80 \times 10^{-8}$
CPTu-02	41,85	$2,30 \times 10^{-7}$	$2,30 \times 10^{-9}$
CPTu-02	42,40	$1,74 \times 10^{-7}$	$1,74 \times 10^{-7}$
CPTu-02	45,20	$4,23 \times 10^{-7}$	$4,23 \times 10^{-8}$

Além disso, pode ser feita a interpretação do coeficiente de permeabilidade a partir dos resultados de resistência de ponta do cone. As médias dos coeficientes de permeabilidade para cada furo estão indicadas na Tabela 8-10.

Tabela 8-10 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de dissipação – Pattrol, 2016

Campanha	Código do furo	k médio (cm/s)	K médio (m/s)
Pattrol (2019)	CPTu-01	$1,52 \times 10^{-3}$	$1,52 \times 10^{-5}$
	CPTu-02	$1,80 \times 10^{-2}$	$1,80 \times 10^{-4}$

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M			
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 87/137		
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0		

Observa-se alta dispersão nos valores de permeabilidade encontrados, variando desde de 10^{-7} m/s a 10^{-9} m/s. Com isso, a determinação destes parâmetros e da anisotropia dos materiais só será possível durante a calibração realizada no projeto detalhado a partir de modelos numéricos, e balizados pelos dados de instrumentação existente no maciço.

8.3 MACIÇO DE MAGNETITA

Para a caracterização dos rejeitos de magnetita foram utilizados dados não só de investigações de campo como sondagens SPT e mista, ensaios de piezocone, como também ensaios de laboratório, conforme descritos a seguir:

- SPT e Sondagem Mista
 - Campanha de 15 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2014;
 - Campanha de 6 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2019;
 - Campanha de 4 sondagens mistas realizadas pela Pattrol em 2018 (PAT-RT-OSS.063-SOND-2018);
 - Campanha de 7 sondagens mistas realizadas pela Pattrol em 2018 (PAT-RT-SOND-148-2019-REV02 e PAT-RT-SOND.131-2019);

- Ensaios CPTu
 - Campanha de seis (5) ensaios Piezocone – CPTu realizados pela Pattrol em 2019;
 - Campanha de seis (1) ensaios Piezocone – CPTu realizados pela Damasco Penna em 2019;

Nestas campanhas foram realizados 15 ensaios de dissipação de propressão em profundidades distintas. As informações sobre os ensaios podem ser visualizadas na Tabela 8-11.

Tabela 8-11 – Resumo dos ensaios de dissipação (VRD-11-GRE-01 – Fugro, 2013)

Furo	Profundidade Final CPTu (m)	Profundidades de execução dos ensaios de dissipação (m)			
CPTU - 03 (Pattrol 2019)	33,35	17,95	19,95	28,0	31,05
CPTU – 04 (Pattrol 2019)	25,20	14,85	18,90	21,90	25,20
CPTU - 05 (Pattrol 2019)	13,30	11,90	13,30	8,90	-

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 88/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Furo	Profundidade Final CPTu (m)	Profundidades de execução dos ensaios de dissipação (m)			
CPTU – 06 (Pattrol 2019)	36,20	33,25	36,20	-	-
CPTU - 07 (Pattrol 2019)	19,45	17,85	19,45	-	-
CPTU - 03 (Damaco Penna 2019)	35,40	29,82	32,80	35,40	-

- Para analisar os resultados dos ensaios foi utilizado o software CPTit-3.0, no qual foram lançados os dados brutos de todos os ensaios e, em seguida, cada um foi tratado isoladamente. Por fim, os dados referentes ao mesmo material foram reunidos para interpretação dos parâmetros, como será discutido adiante;
 - O N.A em cada furo foi estabelecido a partir da leitura informada no ensaio e calibrado a partir do NA fornecido em sondagens mistas realizados próximos aos ensaios CPTu's.
- Ensaios triaxiais
 - Foram consideradas nesta análise 2 amostras do tipo indeformada, sendo estas PI04 E PI05.
 - Os ensaios triaxiais foram executados com cisalhamento não drenado. Antes do cisalhamento, as amostras foram adensadas isotropicamente (CIU).

8.3.1 Caracterização Física

Para a caracterização física do maciço de magnetita foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) em um total de duas amostras, sendo estas, as amostras PI04 e PI05, conforme apresentado na Tabela 8-12. A Partir dos ensaios de caracterização, observou-se que a massa específica dos sólidos (δ) variou entre 4,43 a 4,74 g/cm³, o peso específico natural do maciço de magnetita variou entre 27,02 kN/m³ e 28,99 kN/m³. Com relação a compactidade relativa do material, verificou-se que para a amostra PI-04, o valor obtido está entre a faixa de 0,33 a 0,66. Segundo a terminologia sugerida por Terzaghi (1947), isso indica que o rejeito apresenta compactidade média. Já em relação a amostra PI-05, verificou-se que o valor calculado para o índice de vazios natural é menor que o valor obtido para o e_{\min} . Caso seja utilizado este valor, pode se prever, segundo o conceito já explicitado, que a magnetita é considerada compacta.



DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC	PÁGINA 89/139
Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Tabela 8-12 – Resumo dos resultados de caracterização física do maciço de magnetita.

Amostra	Prof. (m)	γ_{nat} (kN/m ³)	$w^{(4)}_{nat}$ (%)	$\gamma_d^{(1)}$ (kN/m ³)	$e_{nat}^{(2)}$	$e_{máx}$	$e_{mín}$	CR ⁽⁵⁾	δ (g/cm ³)	$\gamma_{sat}^{(3)}$ (kN/m ³)	Granulometria					
											Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-04	1,2 a 1,5	27,02	3,6	26,07	0,81	0,94	0,59	0,37	4,74	27,13	2,9	9,9	23,9	36,5	23,4	3,3
PI-05	1,2 a 1,5	28,99	4,4	27,77	0,59	0,97	0,61	1,06	4,43	29,09	3,7	3,6	21,8	47,7	23,2	0

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat} / (1 + w_{nat})$;

(2) e_{nat} foi calculado pela correlação: $(\delta * \gamma_w / \gamma_d) - 1$.

(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1 + w_{nat}) / (1 + e)$

(4) Teor de umidade natural "In Situ"

(5) Compacidade relativa calculada através da equação $CR = (e_{máx} - e_{na}) / (e_{máx} - e_{mín})$

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

90/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

A partir dos ensaios de granulometria, observou-se que o maciço de magnetita é composto por material predominantemente arenoso com pequena quantidade de silte e argila, como pode ser observado na Tabela 8-12 e na Figura 8.32.

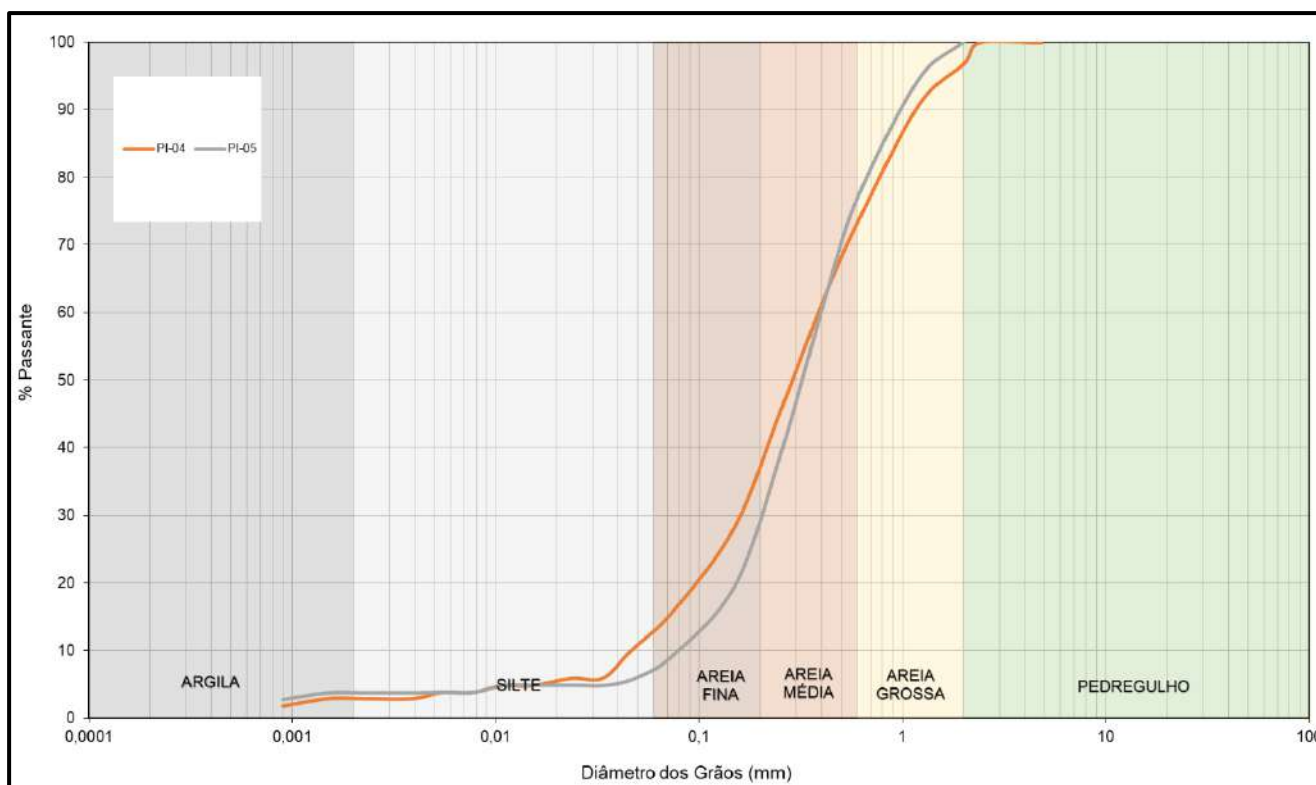


Figura 8.32 - Curvas granulométricas do maciço de magnetita.

8.3.2 Ensaio de Campo

Os arquivos obtidos através do CPeT dos ensaios CPTu's utilizados neste relatório se encontram no APÊNDICE C e APÊNDICE D.

8.3.3 Susceptibilidade a Liquefação

8.3.3.1 *Susceptibilidade à liquefação a partir de ensaios de caracterização física*

A partir do exposto no item 8.2.2.1, foi possível elaborar o gráfico da Figura 8.33. Verifica-se, portanto, que o maciço de magnetita da Barragem BR apresenta uma predominância granulométrica de areia grossa a fina com pequena presença de siltes.

Nota-se que a curva granulométrica do maciço abrange o contorno proposto para os solos mais suscetíveis à liquefação sugerida por Tsuchida (1970). Portanto, segundo proposta de Tsuchida, o maciço da Barragem BR é dito susceptível à liquefação.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

91/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

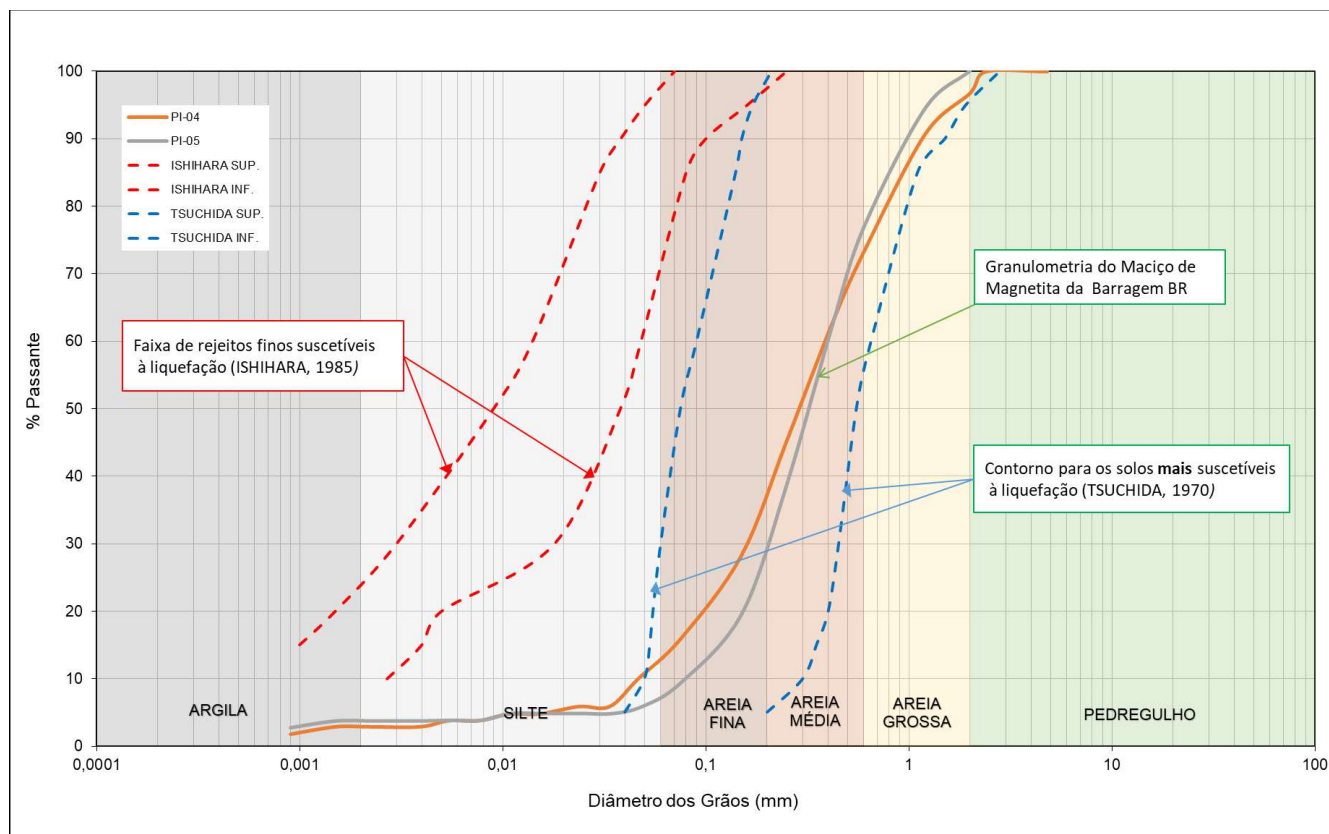


Figura 8.33 - Contorno dos materiais suscetíveis à liquefação segundo Ishihara (1985) e Tsuchida (1970) e curvas granulométricas do maciço de magnetita da Barragem BR.

8.3.3.2 Susceptibilidade à Liquefação a partir de ensaios de penetração (CPTu e SPT)

A partir da teoria já explicitada no item 8.2.2.2, será verificada aqui neste item a susceptibilidade à liquefação do maciço de magnetita, levando em consideração as metodologias já apresentadas.

Os arquivos obtidos através do CPeT-IT dos ensaios CPTu's utilizados neste relatório se encontram no APÊNDICE C e APÊNDICE D.

- **Olson e Stark (2003)**

A Figura 8.34 apresenta a aplicação do método supracitado. Verifica-se em geral resistências de ponta q_{c1} e número de golpes normalizado $(N_1)_{60}$ bastante reduzidas e a esquerda da envoltória. Os pontos posicionados à esquerda das envoltórias apresentam comportamento contrátil e são classificados como susceptíveis a liquefação.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

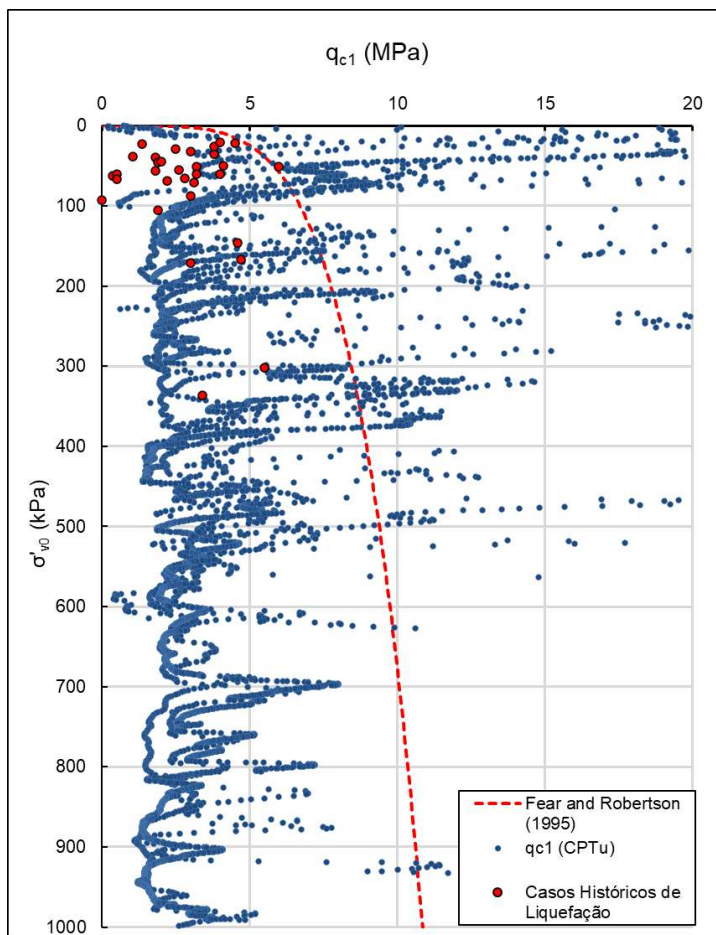
92/137

Nº (CONTRATADA)

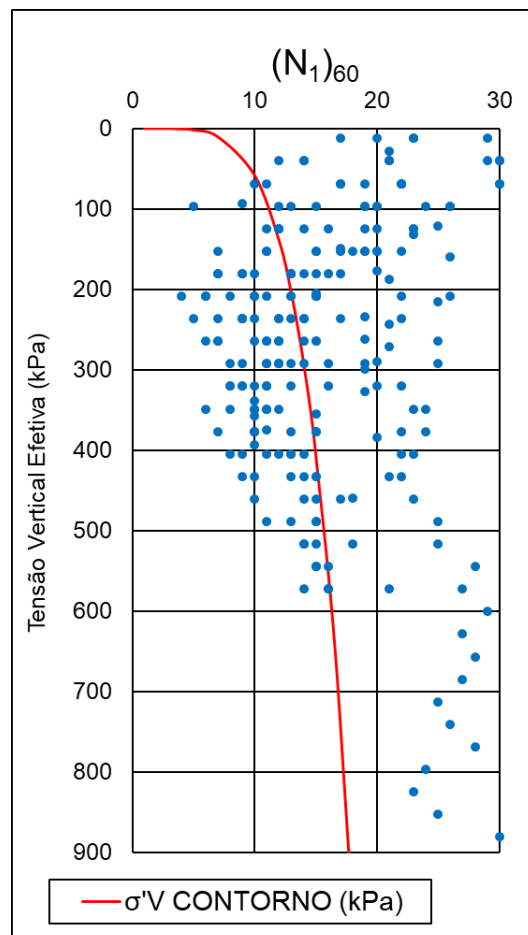
DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0



(a)



(b)

Figura 8.34 - Envoltória para avaliação de SUSCETIBILIDADE à liquefação segundo Olson e Stark (2003): (a) Utilizando a resistência de ponta (q_{c1}) do CPTu e (b) número de golpes normalizado $(N_1)_{60}$ do SPT.

Portanto, para as condições definidas pela metodologia proposta por Olson e Stark (2003), que considera tanto os resultados obtidos a partir dos ensaios de CPTu e SPT, o material presente no reservatório da Barragem BR configura-se majoritariamente como material contrátil, portanto susceptível a liquefação.

- **Robertson (2016)**

Na Figura 8.35 é apresentado o gráfico SBT proposto por Robertson (2016) para a avaliação da suscetibilidade segundo os aspectos supracitados.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

93/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

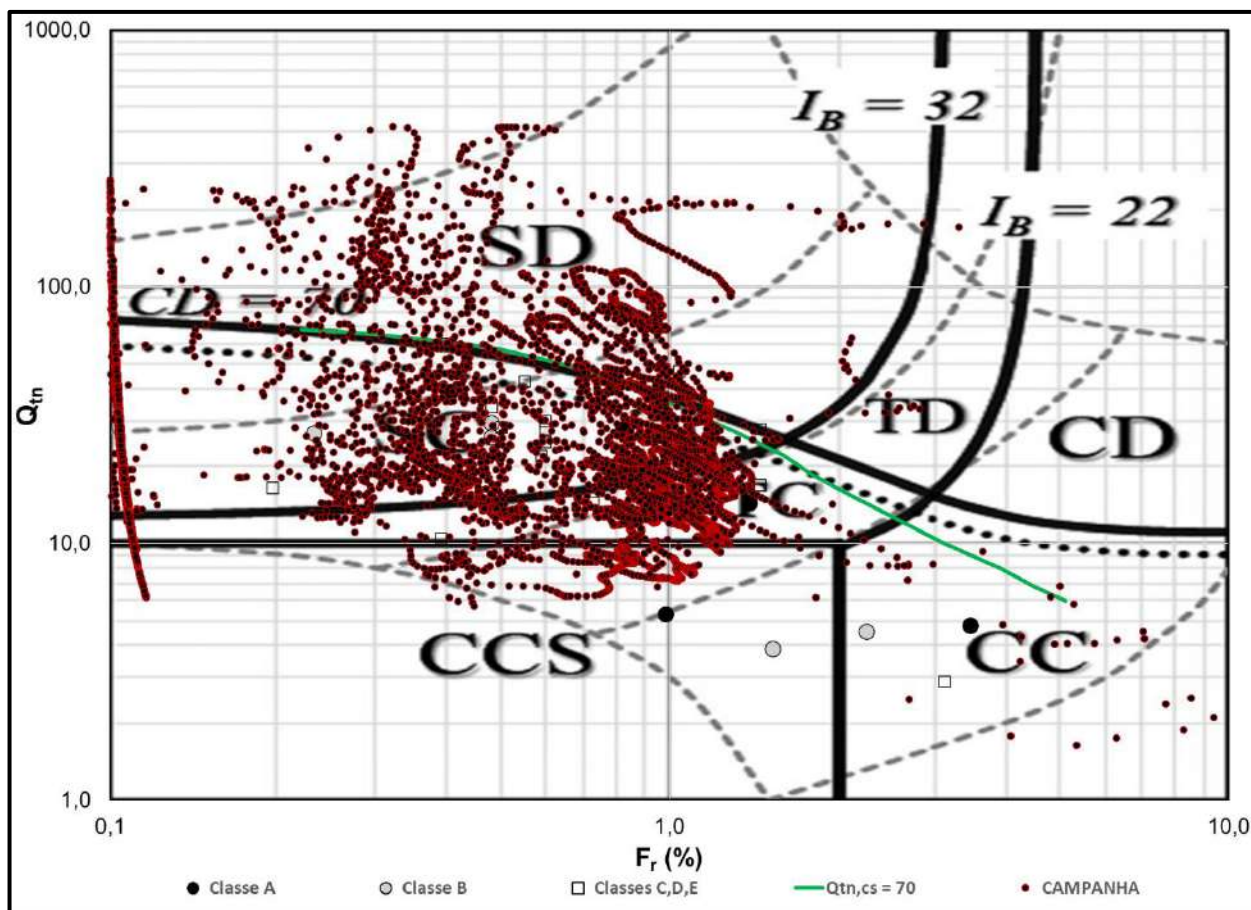


Figura 8.35 – Classificação SBT com casos históricos de liquefação para avaliação da SUSCETIBILIDADE segundo Robertson (2016).

Na Figura 8.36, os pontos vermelhos representam os dados de CPTu obtidos no maciço de magnetita da Barragem BR. Nesse contexto, a Figura 8.11 mostra a porcentagem dos pontos que se enquadraram em cada região de interesse. Observa-se que 79% dos pontos encontram-se abaixo do contorno de CD = 70, configurando materiais predominantemente contráteis e suscetíveis a liquefação.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

94/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

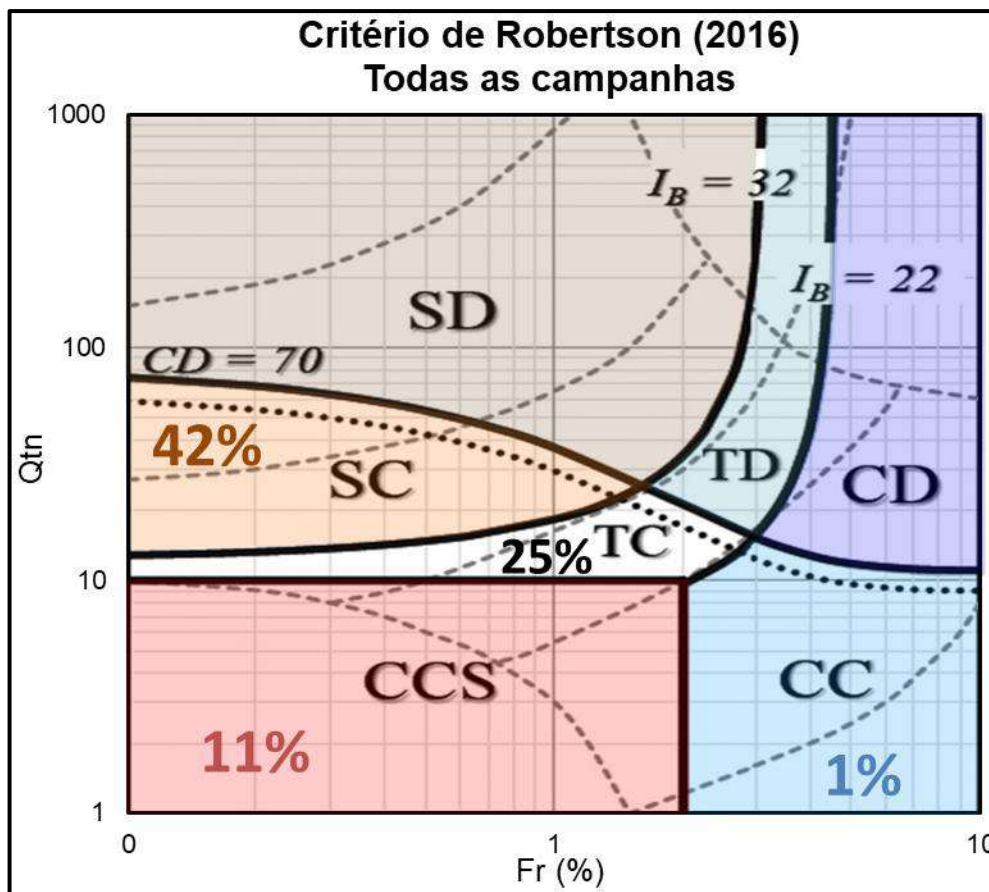


Figura 8.36 – Classificação SBT com casos históricos de liquefação para avaliação da suscetibilidade segundo Robertson (2016). Porcentagem dos pontos amostrados que se enquadraram em cada região abaixo da linha de contorno $CD = 70$.

É importante ressaltar que apenas 12% dos pontos são classificados como “*clay like contractive behavior*”, sendo que poucos casos de liquefação ocorreram nesta região. Mesmo assim, de forma conservadora e devido ao material não apresentar plasticidade significativa, estes materiais serão considerados como suscetíveis a liquefação.

Para as condições definidas pela metodologia proposta por Robertson (2016), 79% do material presente no maciço de magnetita da Barragem BR configura-se como material contrátil, portanto suscetível a liquefação.

- **Jefferies e Been (2016)**

A Figura 8.37 indica o parâmetro de estado calculado pela metodologia indicado para os ensaios realizados na Barragem BR.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

95/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

(a)

(b)

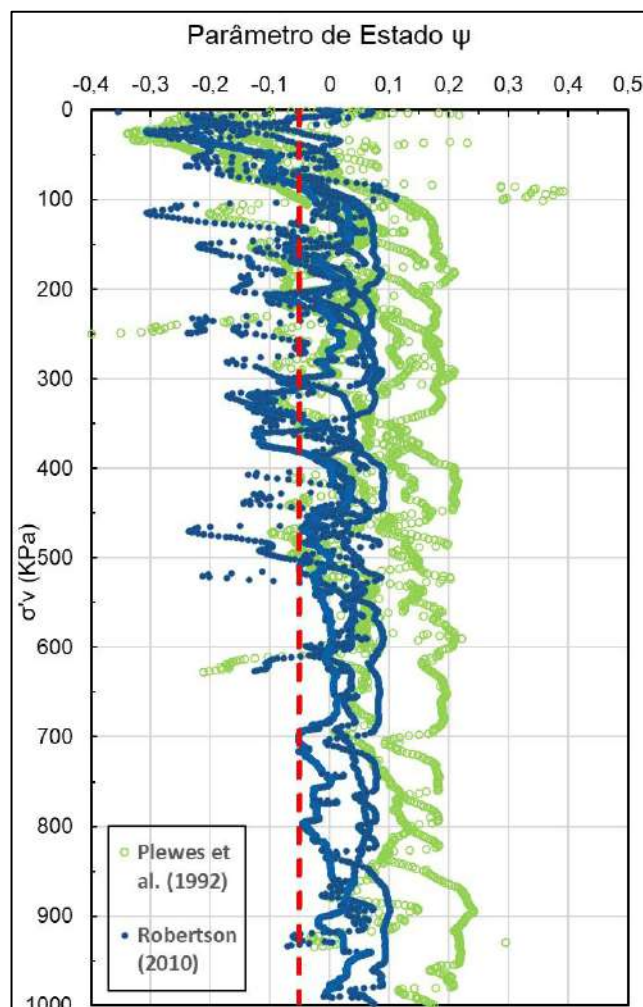
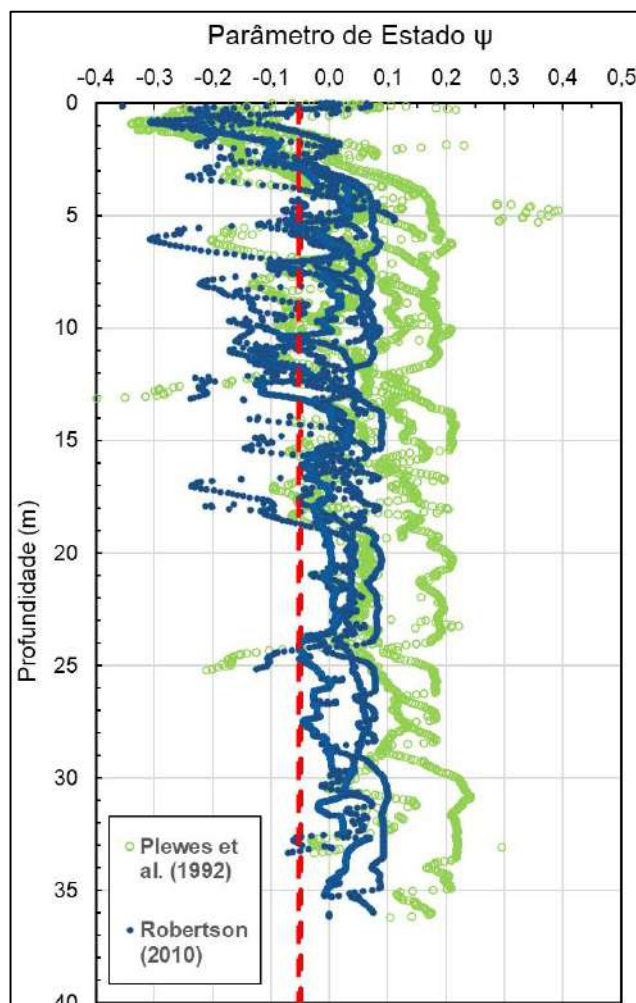


Figura 8.37 – Parâmetro de estado segundo correlação de Robertson (2010) e Plewes (1992) em relação a: (a) Profundidade e (b) Tensão efetiva.

Conforme observa-se na Figura 8.37, segundo as metodologias propostas aplicadas aos resultados do ensaio de piezocone, o material do maciço de magnetita apresenta majoritariamente parâmetro de estado superior ao limite proposto por Jefferies e Been (2016), $\psi > -0,05$. Portanto configura-se como material contrátil, e conseqüentemente suscetível a liquefação.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 96/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

8.3.4 Parâmetros de Resistência

8.3.4.1 Resistência Drenada

8.3.4.1.1 Ensaios Triaxiais CIU

Para auxiliar na definição dos parâmetros de resistência do rejeito, foram analisados os ensaios triaxiais CIU realizados nas amostras PI04 e PI05 da campanha Pattrol 2014.

Conforme resumido na Tabela 8-13, foram analisados os ensaios triaxiais CIU de 2 (três) amostras indeformadas coletadas no maciço de magnetita da Barragem BR. As amostras foram coletadas nas profundidades de 1,2 m a 1,5 m, correspondendo à superfície da praia de rejeitos.

Tabela 8-13 Resumo dos ensaios triaxiais não drenados e respectivas amostras.

Código	Ponto de Coleta	Prof. (m)	Tipo	Ensaio	Comportamento
PI-04	Praia de Rejeito	1,2 a 1,5	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)	Contráctil
PI-05	Praia de Rejeito	1,2 a 1,5	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)	Dilatante

- Trajetória de Tensões

Os resultados dos triaxiais foram compilados no plano de tensões $t' \times s'$, procurando-se agrupar as amostras retiradas em profundidades semelhantes e com a mesma classificação granulométrica: P-04 e PI-05 (silte arenoso com pouca quantidade de argila).

Nesse sentido, as Figura 8.38 e Figura 8.39 apresentam a variação ϕ' para as amostras PI-04 e PI-05 ensaiadas no maciço de magnetita da Barragem BR.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

97/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

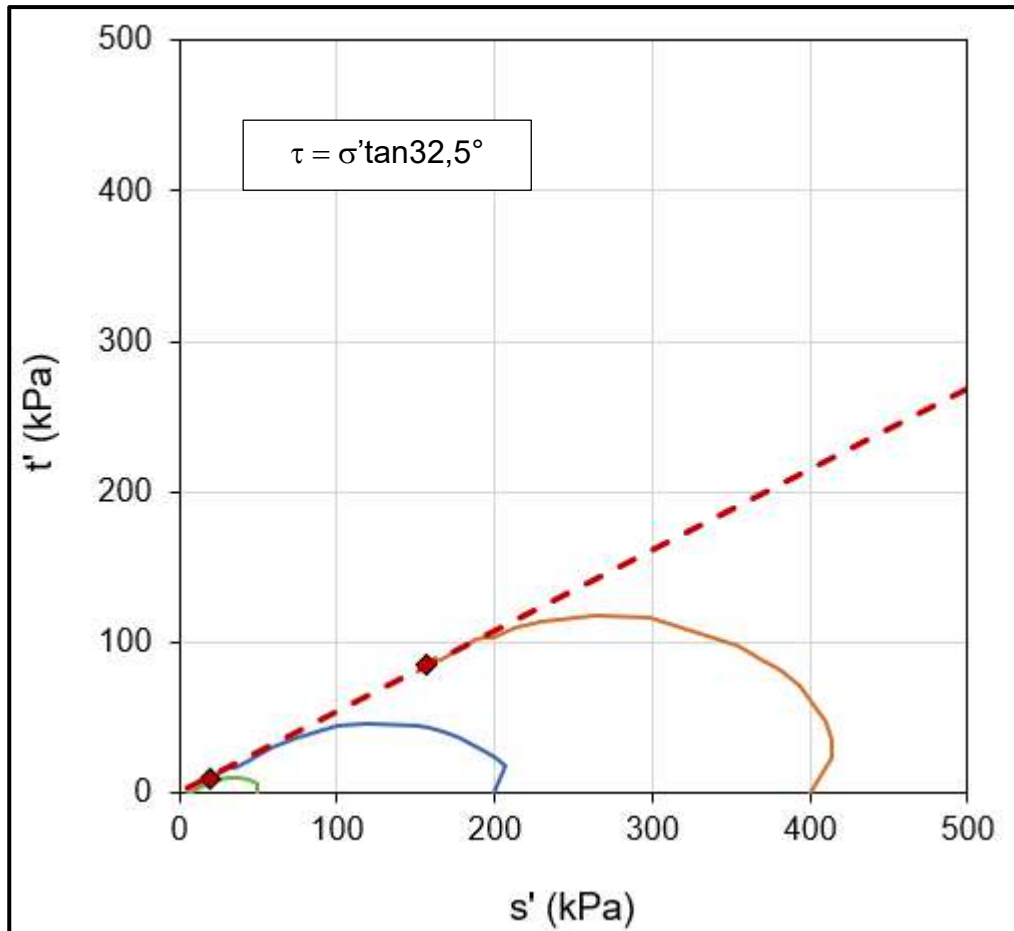


Figura 8.38 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-04, no plano $t' \times s'$.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

98/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

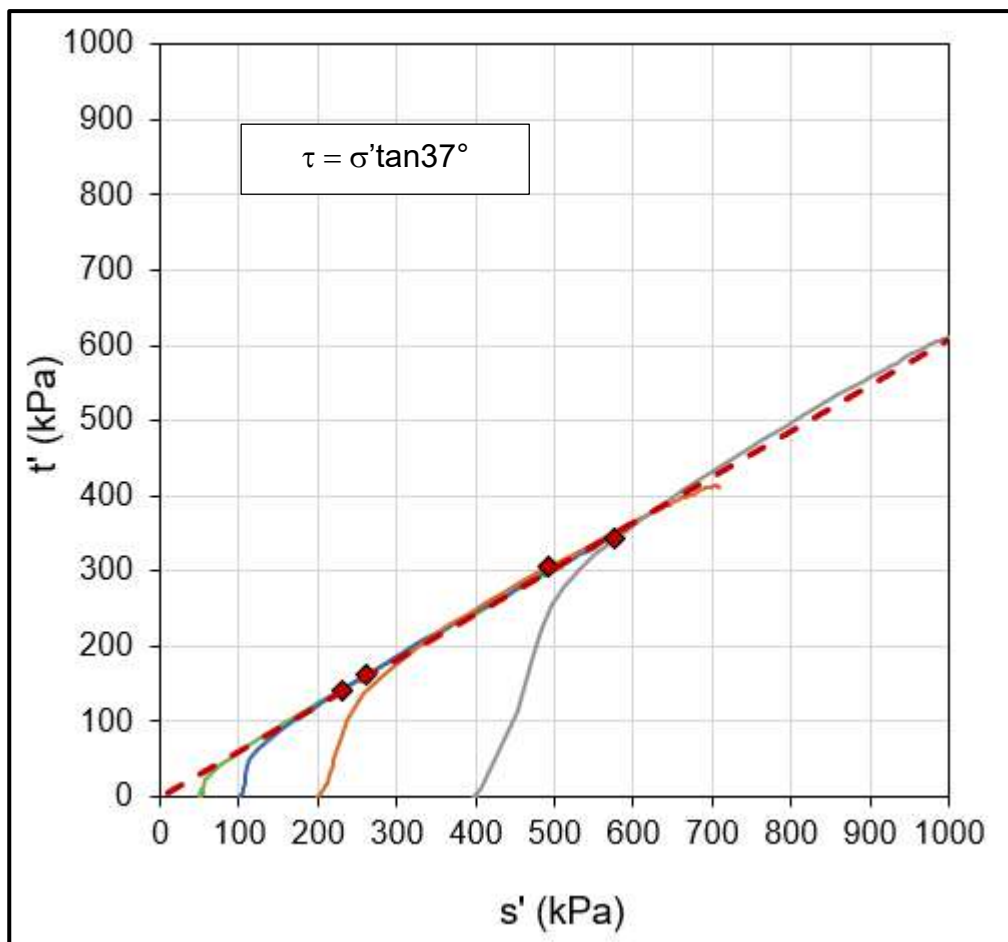


Figura 8.39 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-05, no plano $t' \times s'$.

Observa-se que, a partir das curvas analisadas, foi obtido ângulo de atrito efetivo de pico entre 32° e 37°, e intercepto coesivo igual a 0kPa para o maciço da barragem BR.

8.3.4.1.2 Ensaio de penetração (SPT)

Considerando todas as campanhas, um total de 34 furos interceptaram o maciço de magnetita da barragem, sendo que os valores de $N_{SPT\ 70}$ variaram de 2 a 39 golpes, com uma média de 19 golpes.

A Figura 8.40 apresenta o histograma de distribuição normal para os dados obtidos de todas as sondagens à percussão e mista realizadas no maciço da Barragem BR. A Figura 8.41 indica a distribuição log normal para os mesmos dados.

Foi definido um intervalo de confiança de 95% e, assim, foram excluídos os dados que estavam fora deste intervalo. Sendo assim, os valores de N_{SPT} da série considerada variam de 2 a 39 golpes. O primeiro quartil da distribuição amostral foi de 14 golpes, sendo este um

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC
-
Nº (CONTRATADA)
DF19-263-1-EG-RTE-0001

PÁGINA
99/137
REV.
0

valor que pode ser utilizado para calcular os parâmetros de resistência de maneira conservadora.

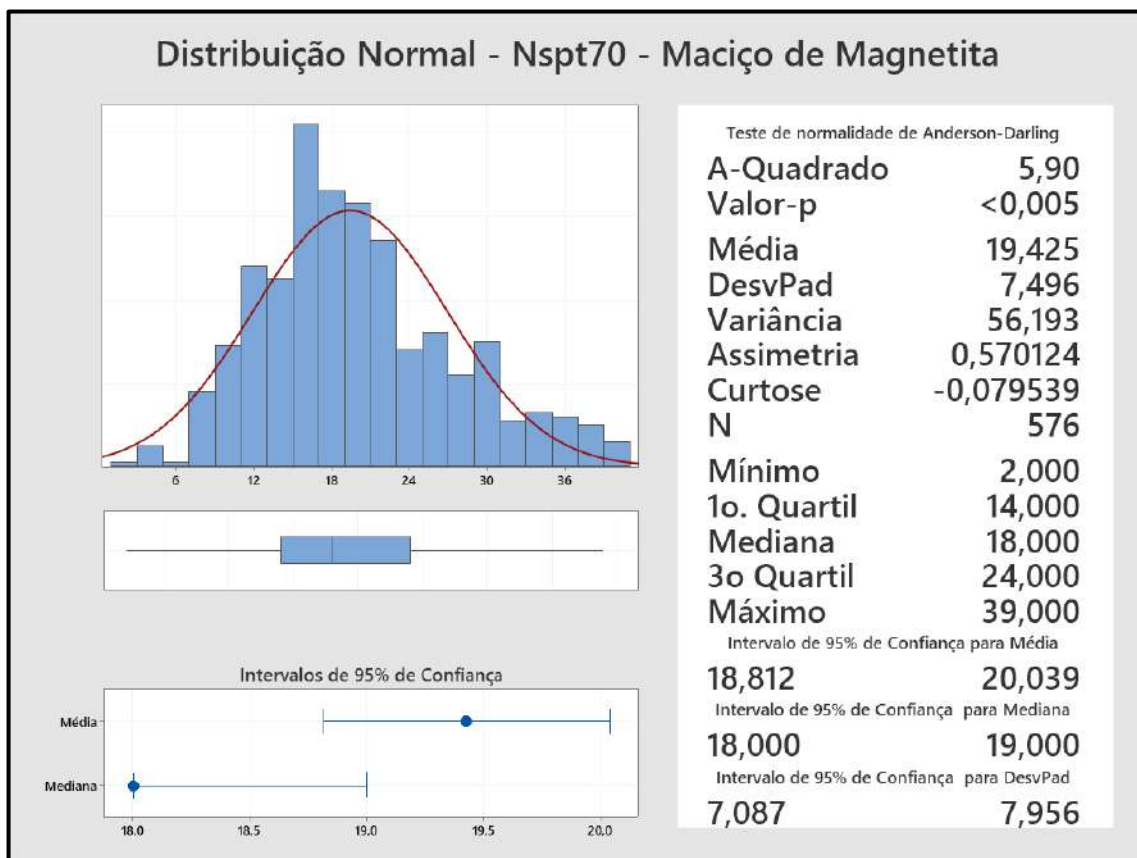


Figura 8.40 – Histograma de distribuição normal – NSPT – Maciço de Magnetita.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC	PÁGINA
-	100/137
Nº (CONTRATADA)	REV.
DF19-263-1-EG-RTE-0001	0

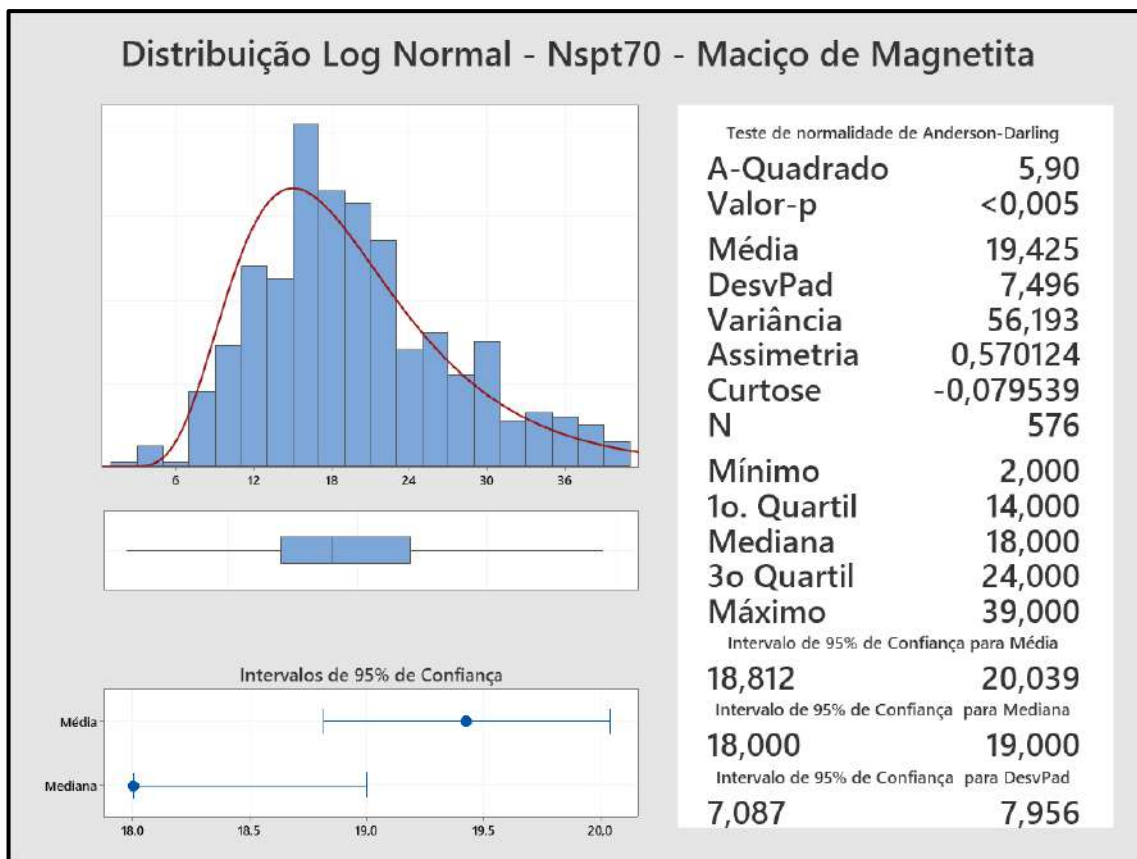


Figura 8.41 – Histograma de distribuição log normal – NSPT – Maciço de Magnetita.

As Figura 8.42 e Figura 8.43 indicam os histogramas de distribuição normal e log normal para o parâmetro Densidade Relativa (DR) do material. Observa-se que a densidade relativa variou de 20 a 86, com uma média de de 50.

A Densidade Relativa foi calculada pois, conforme será abordado no item seguinte, algumas correlações para definição do ângulo de atrito do rejeito são baseadas neste parâmetro. Sendo assim, foi feito o mesmo tratamento estatístico utilizado nos valores de N_{SPT}.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC
-
Nº (CONTRATADA)
DF19-263-1-EG-RTE-0001

PÁGINA
101/137
REV.
0

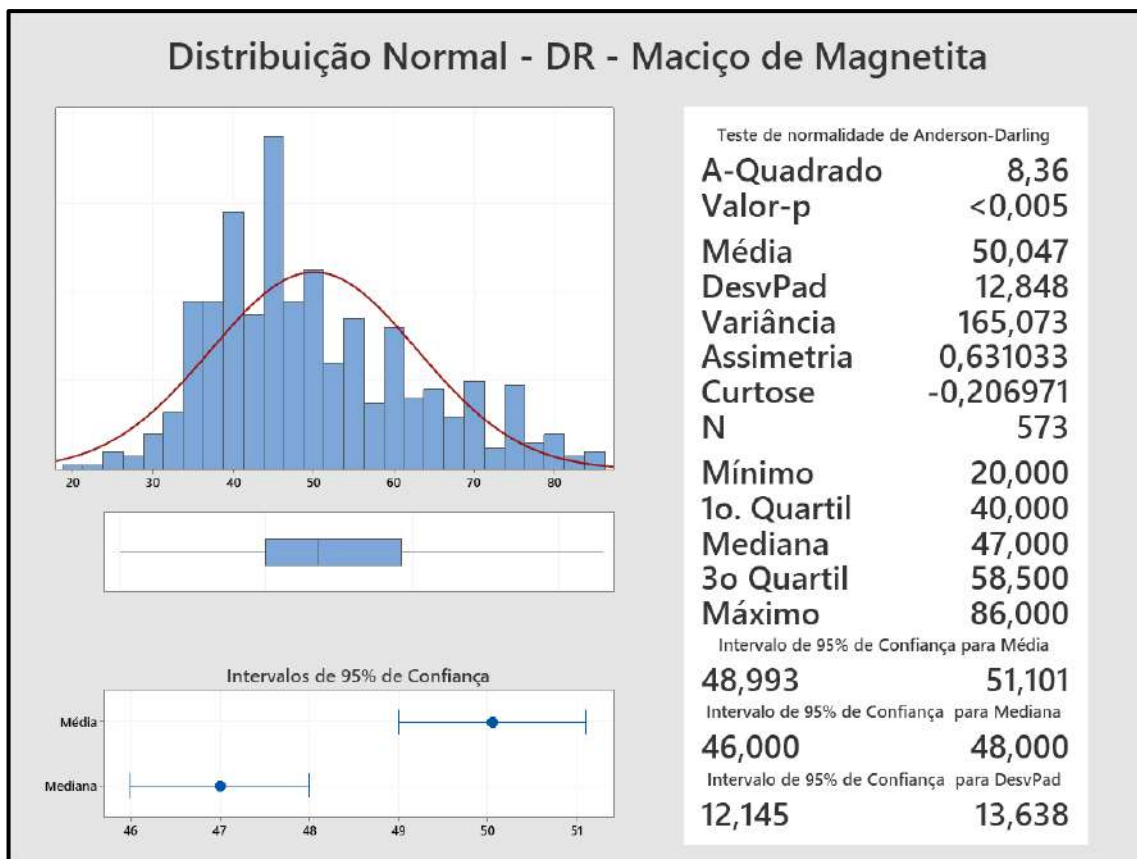


Figura 8.42 – Histograma de distribuição normal – Densidade Relativa – Maciço de Magnetita.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

102/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

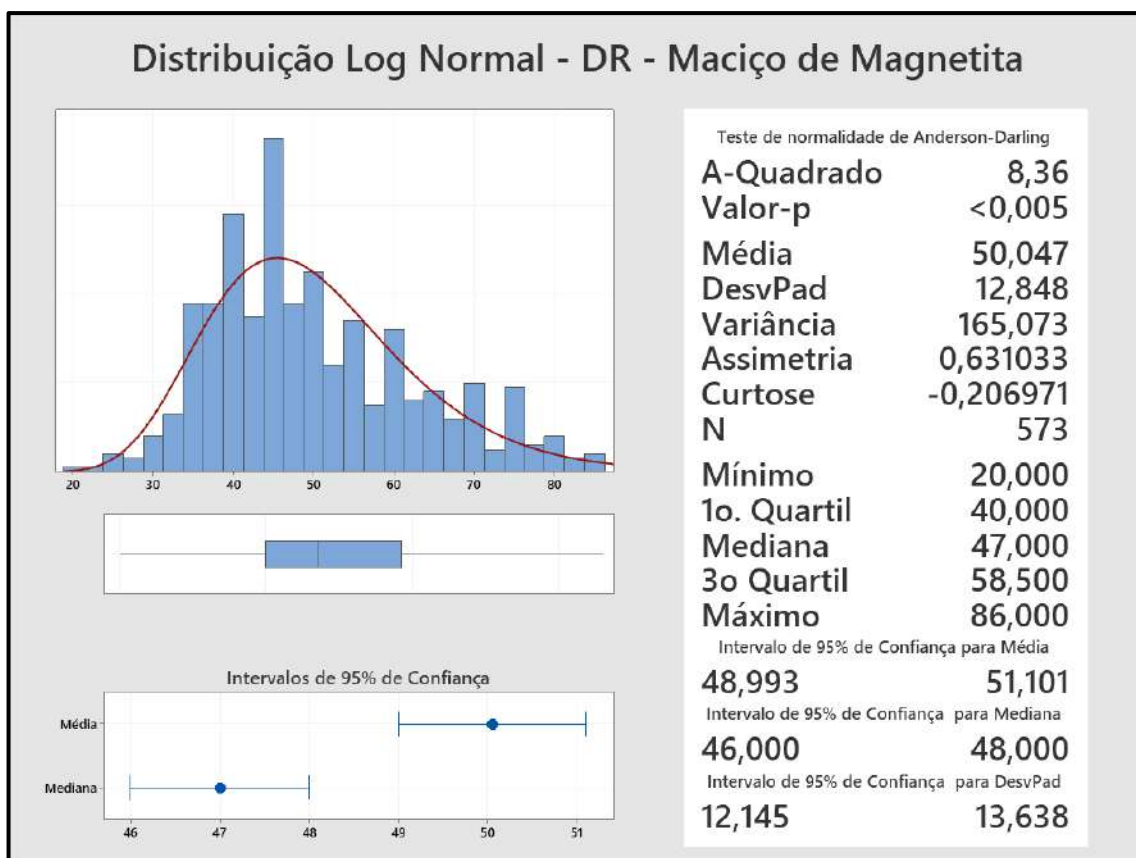


Figura 8.43 – Histograma de distribuição log normal – Densidade Relativa – Maciço de Magnetita.

Os parâmetros de resistência drenada foram estimados com base em correlações empíricas baseadas no $N_{SPT,70}$ e na densidade relativa (DR) calculada a partir dos ensaios de SPT, além das descrições geológico-geotécnicas.

Considerando a base de dados disponível foram realizadas análises estatísticas do $N_{SPT,70}$ e da densidade relativa (DR), adotando-se os valores calculados de média e moda. Sobre estes valores foram aplicadas as metodologias para determinação do ângulo de atrito efetivo, conforme Tabela 8-5 e Tabela 8-6.

Tabela 8-14 – Ângulo de atrito efetivo em função da DR – Rejeito.

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de DR			
	Meyerhof, 1959	de Mello, 1971	Giuliani e Nicoll, 1972	Rocha Filho, 1983
Média (50)	36	36	38	36
Moda (46)	35	35	37	35
Máximo (86)	41	48	42	43

				DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO				Nº MOSAIC	PÁGINA
				-	103/137
				Nº (CONTRATADA)	REV.
				DF19-263-1-EG-RTE-0001	0

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de DR			
	Meyerhof, 1959	de Mello, 1971	Giuliani e Nicoll, 1972	Rocha Filho, 1983
Mínimo (20)	31	29	34	30
1º Quartil (40)	34	33	36	34

Tabela 8-15 – Ângulo de atrito efetivo em função da $N_{SPT,70}$ – Rejeito.

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de $N_{SPT,70}$						
	Lambe e Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka e Uchida, 1996	Teixeira e Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009
Média (19)	34	36	32	36	34	35	35
Moda (11)	32	34	30	33	32	33	32
Máximo (39)	>41	44	44	50	43	41	47
Mínimo (2)	<28	29	28	26	21	24	21
1º Quartil (14)	32	34	30	33	32	33	32

Observa-se uma expressiva dispersão dos valores calculados para o 1º quartil das amostras de SPT pelos diferentes métodos propostos. O ângulo de atrito efetivo variou entre 33° e 36° em função da densidade relativa e entre 30° e 34° em função do $N_{SPT,70}$.

8.3.4.1.3 Ensaio de penetração (CPTu)

Para os ensaios CPTu iremos considerar a correlação proposta por Kulhawy e Mayne (1990), apresentada na Equação 11 indicada a seguir.

$$\phi'_{CPTu} = 17,6^\circ + 11,0x \log(q_{t1}) \quad \text{Equação 16}$$

O ângulo de atrito efetivo foi então calculado em relação à profundidade do ensaio. Os resultados são apresentados na Figura 8.21, na qual também foi projetado, como referência, o ângulo de atrito calculado pelos ensaios triaxiais ($\phi' = 32^\circ$ a $\phi' = 37^\circ$).

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC
-
Nº (CONTRATADA)
DF19-263-1-EG-RTE-0001

PÁGINA
104/137
REV.
0

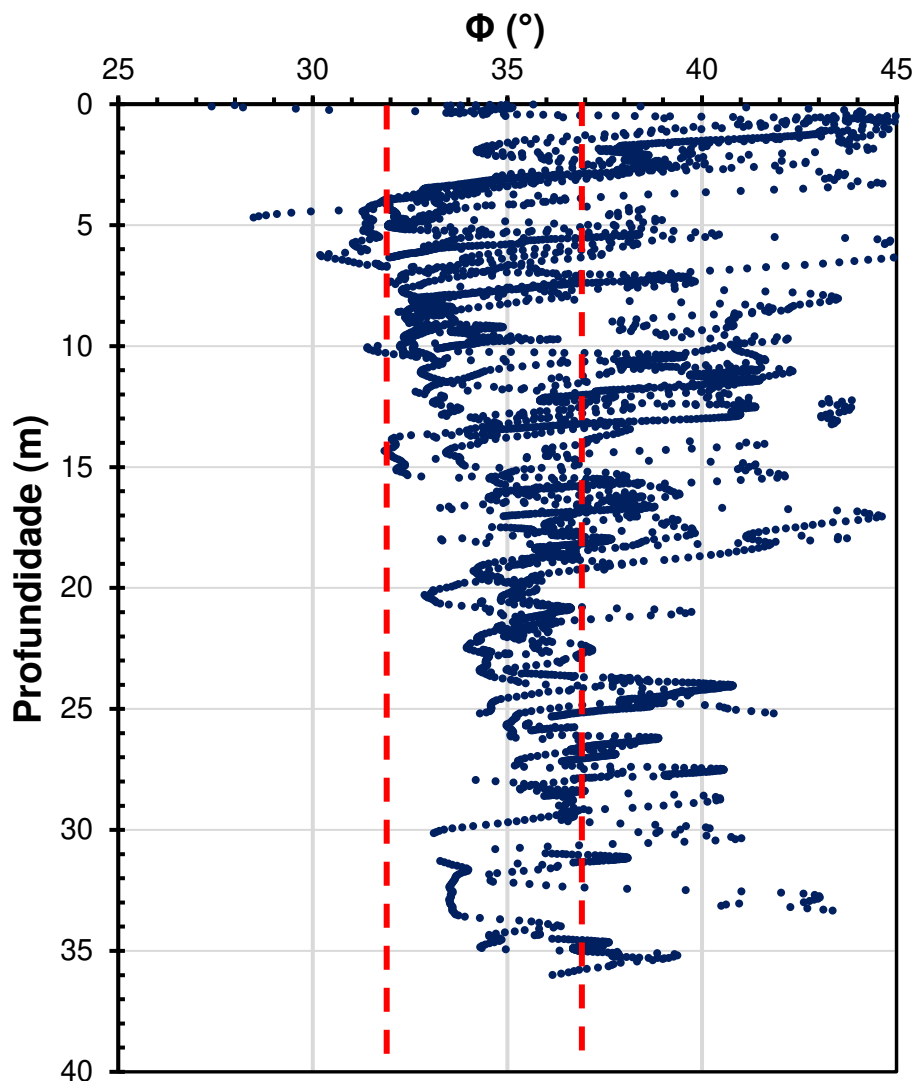


Figura 8.44 – Ângulo de atrito efetivo calculado pela profundidade – Maciço de Magnetita.

As Figura 8.45 e Figura 8.46 indicam os histogramas de distribuição normal e log normal para o parâmetro ângulo de atrito (Φ) do material. O parâmetro variou de 28° a 44° , com uma média de 36° . Foi estabelecido um intervalo de confiança de 95%, sendo que os resultados fora deste intervalo não foram considerados na análise estatística. Observa-se que, para a amostra analisada, no primeiro quartil o ângulo de atrito foi de aproximadamente 34° .

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC
-
Nº (CONTRATADA)
DF19-263-1-EG-RTE-0001

PÁGINA
105/137
REV.
0

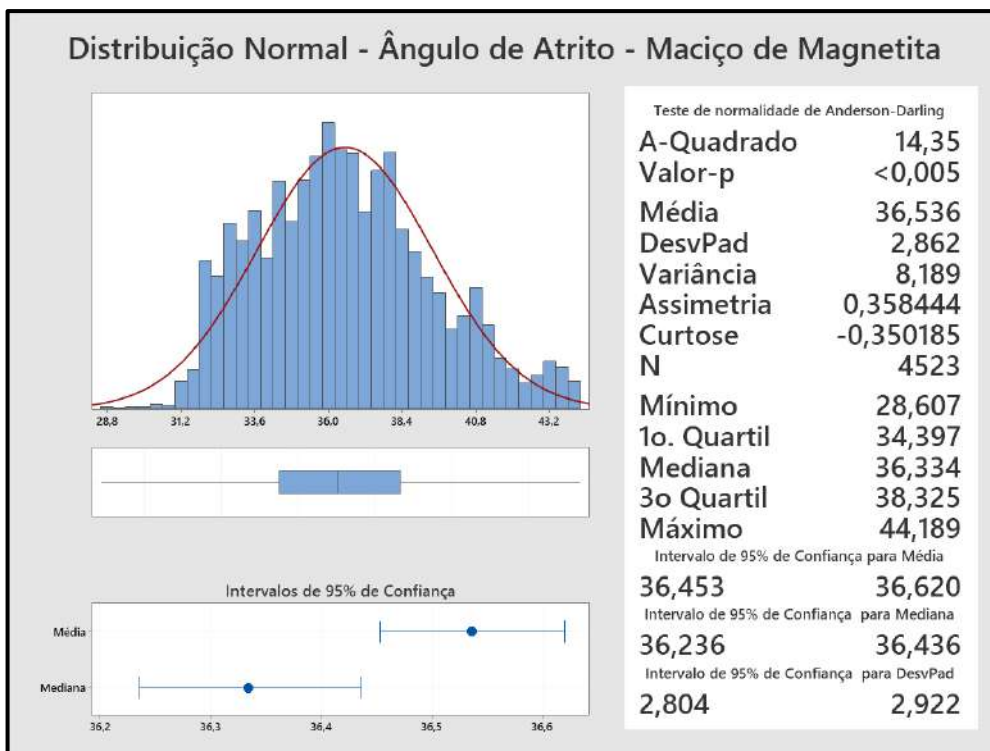


Figura 8.45 – Histograma de distribuição normal – Ângulo de atrito efetivo – Maciço de Magnetita.

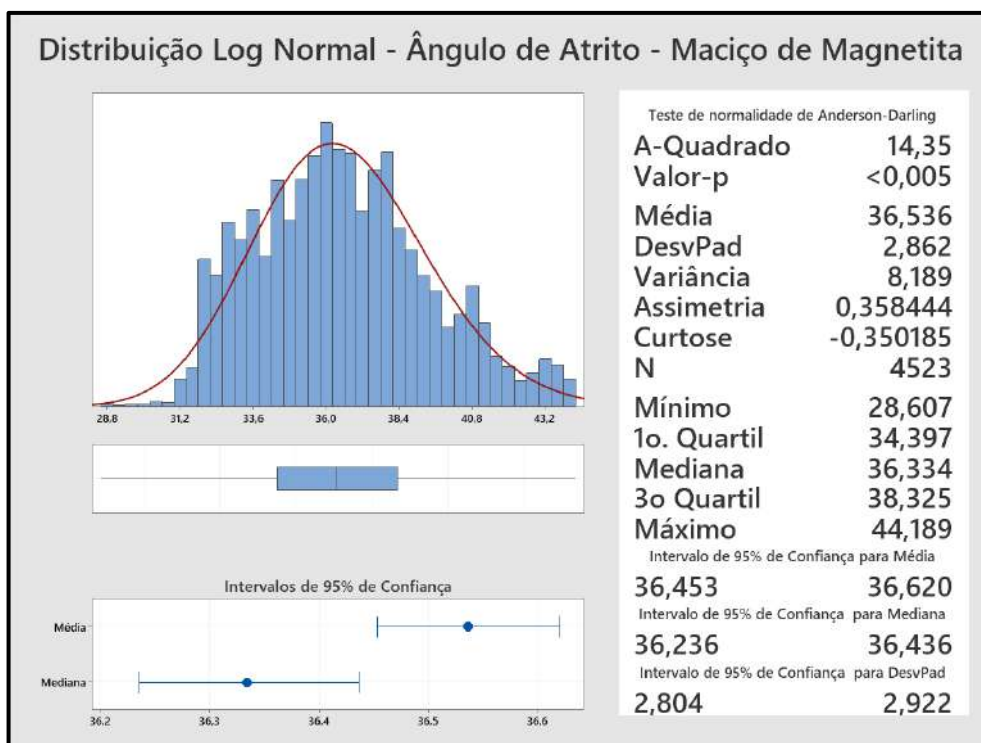


Figura 8.46 – Histograma de distribuição log normal – Ângulo de atrito efetivo – Maciço de Magnetita.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 106/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Observa-se uma variação do ângulo de atrito efetivo calculado pelo método de Kulhawy e Mayne (1990) de 28° a 44°. A análise estatística aponta para um valor de 34° para o primeiro quartil da distribuição.

8.3.4.1.4 Determinação dos Parâmetros de Resistência Drenados

Para este projeto, será adotado ângulo de atrito efetivo do maciço de magnetita igual a 34°, correspondente ao valor dentro o primeiro quartil da amostra dos dados dos ensaios CPTu. Este valor encontra-se dentro do intervalo obtido pelos ensaios triaxiais para o ângulo de atrito (ϕ') e para as correlações utilizando ensaios SPT. Para o parâmetro de coesão efetiva será adotado valor de 0 kPa, conforme analisado nos ensaios triaxiais CIU.

8.3.4.2 Resistência Não Drenada

A partir da teoria já explicitada no item 8.2.3.2, serão apresentadas aqui os parâmetros de resistência obtidos para o maciço de magnetita, levando em consideração as metodologias já apresentadas.

8.3.4.2.1 Ensaios de penetração (CPTu)

A seguir, na Figura 8.47, são apresentadas as faixas de variação para a resistência não drenada de pico e liquefeita para o maciço de magnetita da Barragem BR. Observa-se que a faixa foi de 0,23 a 0,31 para a resistência de pico e de 0,05 a 0,15 para a resistência liquefeita.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

107/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

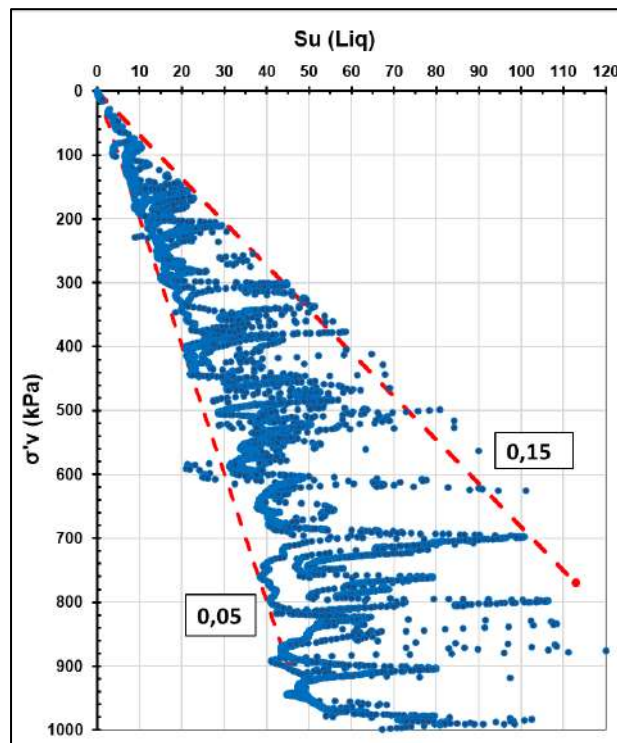
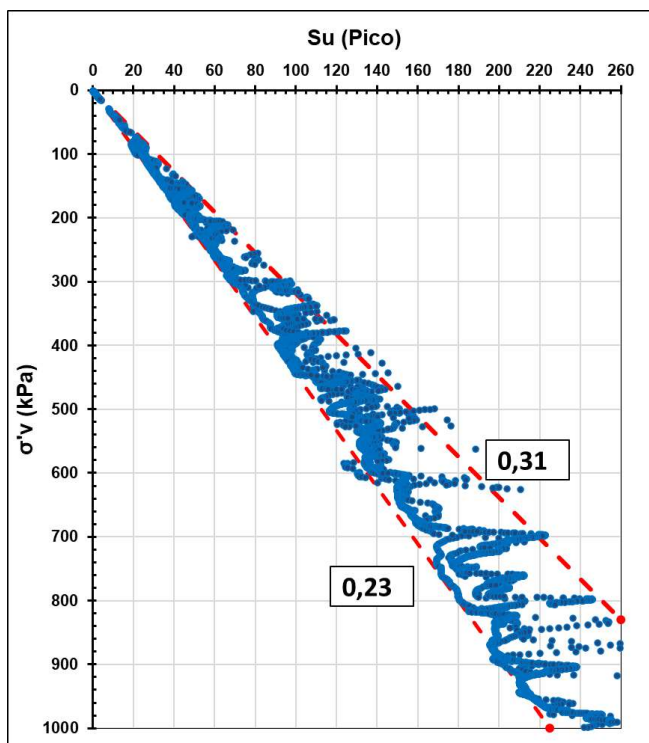


Figura 8.47 - Faixa de variação dos parâmetros de resistência não drenada (pico e liquefeita) para os ensaios de CPTu – Rejeito

Para definição dos valores determinísticos de razão de resistência não drenada (pico e liquefeita) considerando a condição não drenada dos rejeitos (S_u / σ'_{v0}), será realizado um tratamento estatístico considerando os resultados dos ensaios CPTu (Figura 8.48 a Figura 8.51).

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

108/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

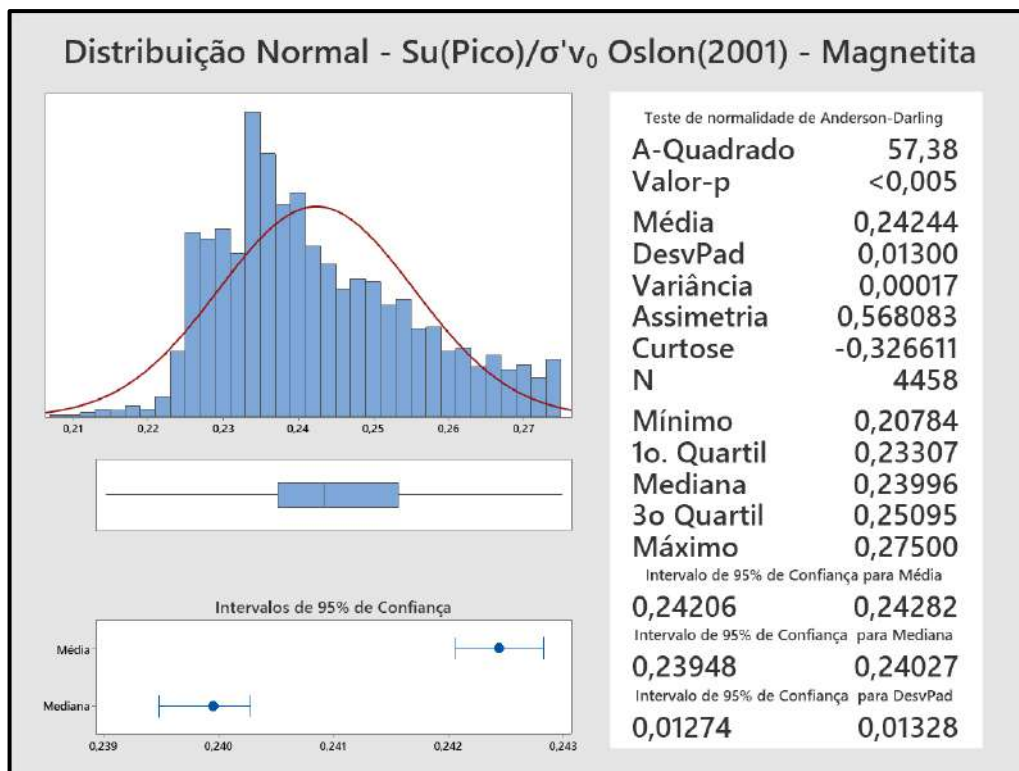


Figura 8.48- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (pico) - CPTu – Magnetita

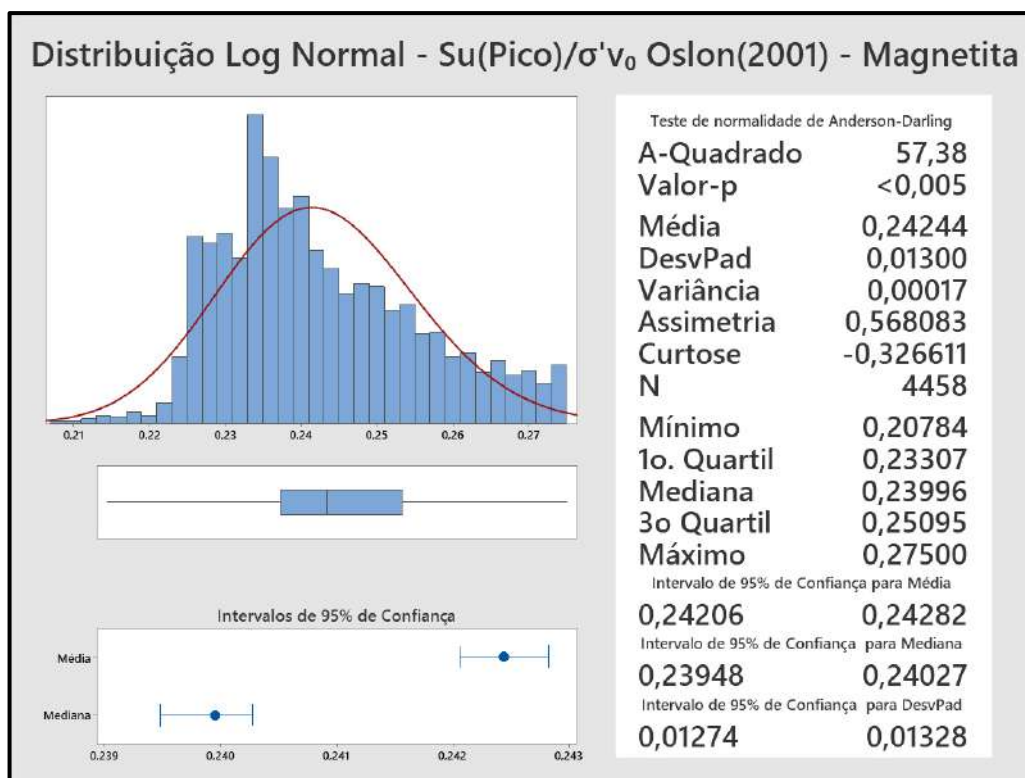


Figura 8.49- Histograma de distribuição log normal - Resistência não drenada (pico) - CPTu – Magnetita

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC
-
Nº (CONTRATADA)
DF19-263-1-EG-RTE-0001

PÁGINA
109/137
REV.
0

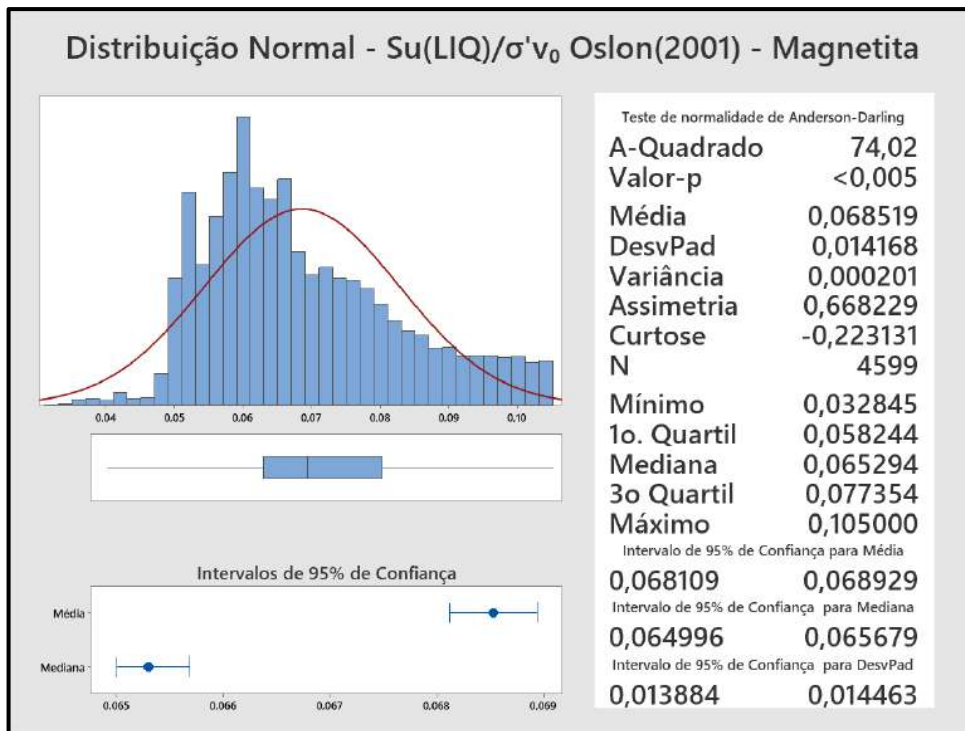


Figura 8.50- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - CPTu – Magnetita

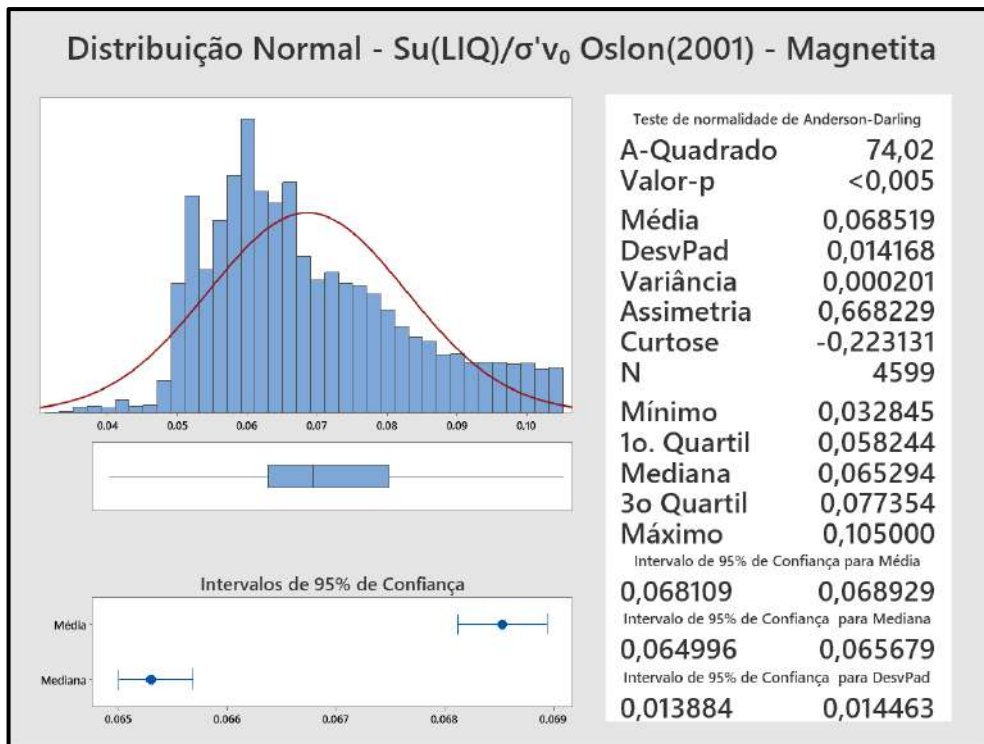


Figura 8.51- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - CPTu – Magnetita

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

110/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

Conforme pode ser observado da Figura 8.48 a Figura 8.51, a faixa de variação da resistência não drenada de pico e liquefeita varia de 0,20 a 0,28 e 0,03 e 0,11, respectivamente.

Após análise estatística, tomando como referência o 1º quartil, a resistência de pico foi determinada em 0,23 e a liquefeita em 0,06.

8.3.4.2.2 Ensaios de penetração (SPT)

Conforme mencionado anteriormente, foi feita uma análise de susceptibilidade à liquefação do rejeito estudado. A partir da metodologia apresentada, parte do material analisado foi considerado susceptível.

A seguir, na Figura 8.52, são apresentadas as faixas de variação para a resistência não drenada de pico e liquefeita para o rejeito disposto no reservatório da Barragem Forquilha III. Observa-se que a faixa foi de 0,24 a 0,30 para a resistência de pico e de 0,07 a 0,12 para a resistência liquefeita.

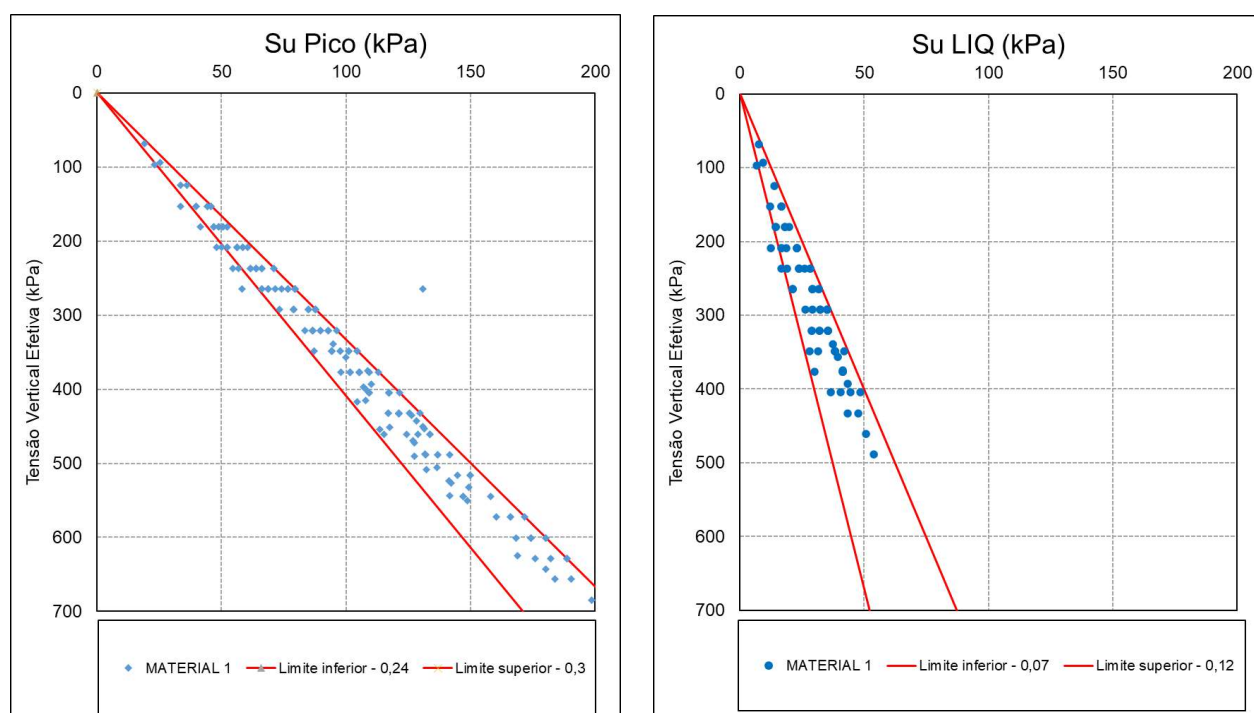


Figura 8.52 – Faixa de variação dos parâmetros de resistência não drenada (pico e liquefeita) para os ensaios de SPT – Rejeito.

Para definição dos valores determinísticos de razão de resistência não drenada (pico e liquefeita) considerando a condição não drenada dos rejeitos (Su / σ'_{v0}), será realizado um tratamento estatístico considerando os resultados dos ensaios SPT (Figura 8.53 a Figura 8.54).

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

111/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

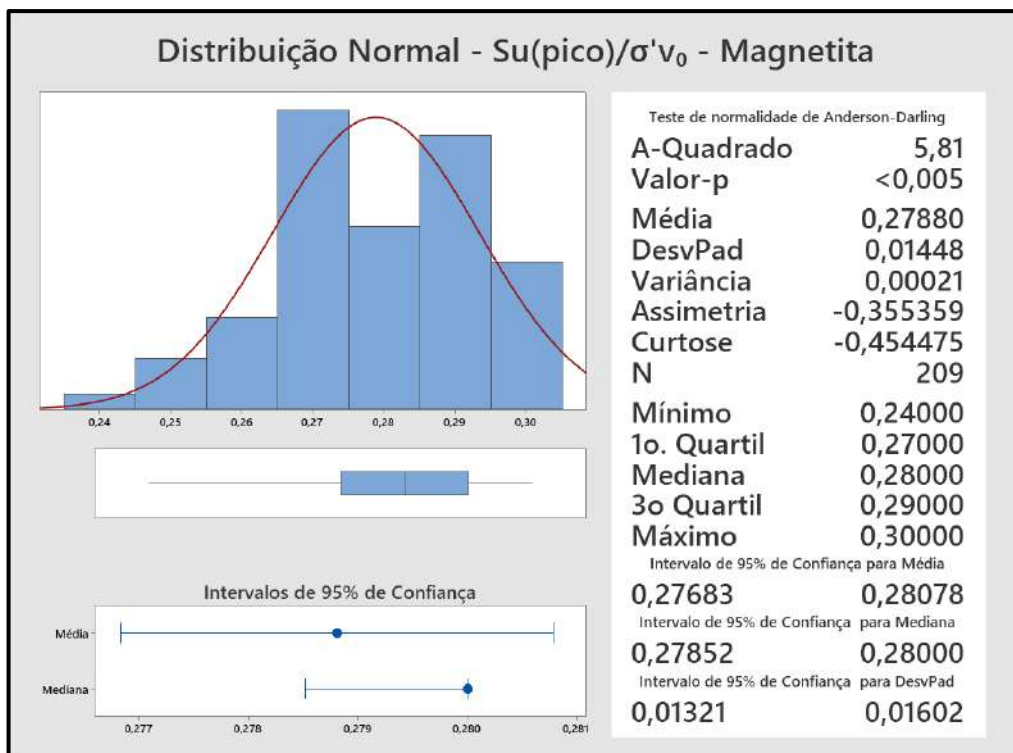


Figura 8.53- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (pico) - SPT – Rejeito

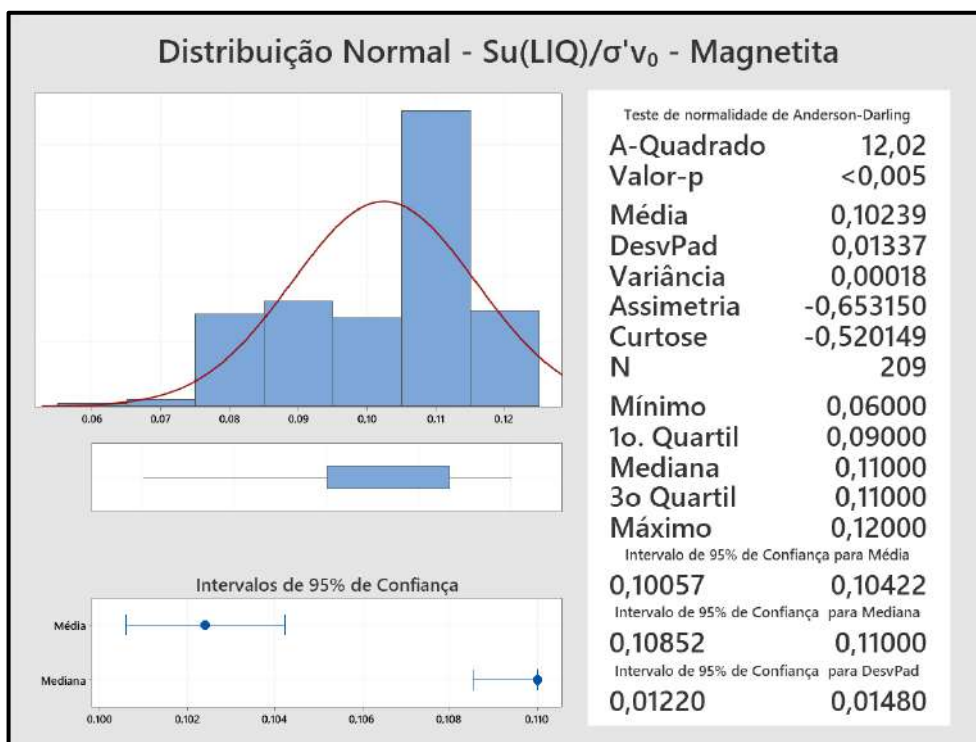


Figura 8.54- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - SPT – Rejeito

				DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO				Nº MOSAIC	PÁGINA
				-	112/137
				Nº (CONTRATADA)	REV.
				DF19-263-1-EG-RTE-0001	0

Conforme pode ser observado da Figura 8.53 a Figura 8.54, a faixa de variação da resistência não drenada de pico e liquefeita varia de 0,24 a 0,30 e 0,06 e 0,12, respectivamente.

Após análise estatística, tomando como referência o 1º quartil, a resistência de pico foi determinada em 0,27 e a liquefeita em 0,09.

8.3.4.2.3 Determinação dos Parâmetros de Resistência Não Drenados

Para este projeto, será adotada razão de resistência não drenada de pico igual a 0,23, valor obtido a partir das análises dos dados dos ensaios CPTu correspondente ao primeiro quartil das análises. A razão de resistência não drenada liquefeita adotada foi de 0,06, valor obtido para o 1º quartil das análises de CPTu.

8.3.5 Parâmetros de Permeabilidade

O parâmetro de permeabilidade do maciço de magnetita foi analisado considerando os ensaios SPT, de laboratório e CPTu, conforme descritos a seguir:

Nas campanhas de ensaios realizada pela Pattrol em 2014 e 2018, observou-se que alguns furos de sondagem foram executados no maciço. Os ensaios de infiltração realizados nestes furos indicaram um coeficiente de permeabilidade médio de $2,95 \times 10^{-5}$ m/s. A Tabela 8-16 e Tabela 8-17 apresentam os resultados dos ensaios de infiltração realizados nesses furos.

Tabela 8-16 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios infiltração no maciço (Pattrol, 2014).

Campanha	Código do furo	Resultados – k (cm/s)							K médio (m/s)
		Trechos Ensaçados (m)							
		0,0 a 5,0	2,0 a 5,0	2,0 a 7,25	5,0 a 7,4	7,0 a 10,0	12,0 a 15,0	17,0 a 20,0	
Pattrol 2014	SP 01	-	-	-	-	2,33E-05	-	-	2,33E-05
	SP 13A		7,10E-05			5,58E-05	3,68E-05	2,27E-05	4,66E-05
	SP 18		7,75E-05			3,17E-05	1,86E-05	2,12E-05	3,73E-05
	SP 22		5,11E-05			2,66E-05	3,12E-05	2,39E-05	3,32E-05

Tabela 8-17 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios infiltração no maciço (Pattrol, 2018).

Campanha	Código do furo	Resultados – k (cm/s)				K médio (m/s)
		Trechos Ensaçados (m)				
		13,50 a 14,50	16,0 a 17,0	16,50 a 17,50	19,0 a 20,0	
Pattrol 2018	SM 01	-	-	1,77E-05	1,61E-05	1,69E-05
	SM 03	2,37E-05	1,52E-05	-	-	1,95E-05

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 113/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Na campanha de 2014 da Pattrol foram coletadas amostras para ensaios de laboratório, sendo que 2 das amostras retiradas no maciço foram utilizadas para ensaios de permeabilidade. A Tabela 8-18 resume os resultados obtidos. A média dos resultados foi de $3,89 \times 10^{-5}$ m/s.

Tabela 8-18 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de laboratório no rejeito – Pattrol 2014

Amostra	Prof. (m)	Tipo de amostra	k (cm/s)	k (m/s)
PI - 04	1,20 a 1,50	Amostra indeformada	3,06E-03	3,06E-05
PI - 05	1,20 a 1,50	Amostra indeformada	4,71E-03	4,71E-05

Em 2019, nas sondagens CPTu realizadas pela Pattrol e Damasco Penna, foram realizados ensaios de dissipação em todos os furos. Alguns ensaios foram descartados, pois as curvas não estavam condizentes com os mesmos. Os resultados estão indicados na Tabela 8-19. A média dos resultados foi de $4,99 \times 10^{-5}$ m/s

Tabela 8-19 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de dissipação – Pattrol 2019 e Damasco Penna 2019

Campanha	Código do furo	Profundidade da leitura (m)	Leitura k (cm/s)	Leitura k (m/s)
Pattrol 2019	CPTu-03	17,95	$1,78 \times 10^{-6}$	$1,78 \times 10^{-8}$
	CPTu-03	19,95	$1,92 \times 10^{-4}$	$1,92 \times 10^{-6}$
	CPTu-03	28,00	-	-
	CPTu-03	31,05	-	-
	CPTu-04	14,85	$1,91 \times 10^{-6}$	$1,91 \times 10^{-8}$
	CPTu-04	18,90	$3,51 \times 10^{-8}$	$3,51 \times 10^{-8}$
	CPTu-04	21,90	-	-
	CPTu-04	25,20	$7,65 \times 10^{-3}$	$7,65 \times 10^{-5}$
	CPTu-05	11,90	-	-
	CPTu-05	13,30	$1,10 \times 10^{-1}$	$1,10 \times 10^{-3}$
	CPTu-05	8,90	$5,84 \times 10^{-6}$	$5,84 \times 10^{-8}$
	CPTu-06	33,25	$4,66 \times 10^{-4}$	$4,66 \times 10^{-6}$
	CPTu-06	36,20	-	-
	CPTu-07	17,85	-	-
	CPTu-07	19,45	-	-

				DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO				Nº MOSAIC	PÁGINA
				-	114/137
				Nº (CONTRATADA)	REV.
				DF19-263-1-EG-RTE-0001	0

Campanha	Código do furo	Profundidade da leitura (m)	Leitura k (cm/s)	Leitura k (m/s)
Damasco Penna 2019	CPTu-03	29,82	$1,72 \times 10^{-5}$	$1,72 \times 10^{-7}$
	CPTu-03	32,80	$1,58 \times 10^{-4}$	$1,58 \times 10^{-6}$
	CPTu-03	35,40	-	-

Além disso, pode ser feita a interpretação do coeficiente de permeabilidade a partir dos resultados de resistência de ponta do cone. As médias dos coeficientes de permeabilidade para cada furo estão indicadas na Tabela 8-20. A média geral calculada é de $1,58 \times 10^{-4}$ m/s.

Tabela 8-20 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de dissipação – Pattrol, 2019

Campanha	Código do furo	k médio (cm/s)	K médio (m/s)
Pattrol (2019)	CPTu-03	$3,32 \times 10^{-3}$	$3,32 \times 10^{-5}$
	CPTu-04	$1,05 \times 10^{-2}$	$1,05 \times 10^{-4}$
	CPTu-05	$4,32 \times 10^{-2}$	$4,32 \times 10^{-4}$
	CPTu-06	$8,70 \times 10^{-3}$	$8,70 \times 10^{-5}$
	CPTu-07	$2,74 \times 10^{-2}$	$2,74 \times 10^{-4}$
Damasco Penna (2019)	CPTu-03	$1,45 \times 10^{-3}$	$1,45 \times 10^{-5}$

Observa-se alta dispersão nos valores de permeabilidade encontrados, variando desde de 10^{-4} m/s a 10^{-8} m/s. Com isso, a determinação destes parâmetros e da anisotropia dos materiais só será possível durante a calibração realizada no projeto detalhado a partir de modelos numéricos, e balizados pelos dados de instrumentação existente no maciço.

8.3.6 Reforço de Magnetita

Para o reforço de magnetita projetado pela Walm e executado em 2019 serão adotados os mesmos parâmetros do Maciço de Magnetita levantados e consolidados neste relatório, uma vez que até a data de emissão inicial deste relatório, não foram recebidos os dados de resistência, tampouco os dados de controle tecnológico deste reforço.

8.4 MACIÇO INICIAL (SOLO COMPACTADO)

Para o maciço inicial de solo compactado será adotado parâmetros de ensaios com base na experiência da projetista, uma vez que não há sondagens suficientes para estimar os parâmetros do material ali presente.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 115/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

8.5 FUNDAÇÃO

Para a caracterização da fundação foram utilizados dados não só de investigações de campo, sondagens SPT e mista, como também ensaios de laboratório, conforme descritos a seguir:

- SPT e Sondagem Mista
 - Campanha de 30 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2014;
 - Campanha de 6 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2019;
 - Campanha de 4 sondagens mistas realizadas pela Pattrol em 2018 (PAT-RT-OSS.063-SOND-2018);
 - Campanha de 7 sondagens mistas realizadas pela Pattrol em 2019 (PAT-RT-SOND-148-2019-REV02 e PAT-RT-SOND.131-2019);

- Ensaios triaxiais
 - Foram consideradas nesta análise 5 amostras do tipo indeformada, sendo estas PI06, PI07, PI08, PI09 E PI10.
 - Os ensaios triaxiais foram executados com cisalhamento não drenado. Antes do cisalhamento, as amostras foram adensadas isotropicamente (CIU).

8.5.1 Caracterização Física

Para a caracterização física do maciço de magnetita foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) em um total de duas amostras, sendo estas, as amostras PI04 e PI05, conforme apresentado na Tabela 8-21. Pode se observar que massa específica dos sólidos para o solo ficou entre 2,67 e 2,80 g/cm³, valores estes correspondentes a este tipo de material. Com relação ao peso específico saturado, a variação se deu de 14,38 a 18,67 kN/m³. Observa-se ainda que o índice de vazios sofreu grande variação entre as amostras, estando ainda o teor de umidade variando de 22,1 a 30%.

Tabela 8-21 – Resumo dos resultados de caracterização física do maciço de magnetita.

Amostra	Prof. (m)	$\gamma_{nat}^{(5)}$ (kN/m ³)	$w^{(4)}_{nat}$ (%)	$\gamma_d^{(1)}$ (kN/m ³)	$e_{nat}^{(2)}$	δ (g/cm ³)	$\gamma_{sat}^{(3)}$ (kN/m ³)	Granulometria					
								Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-06	2,15 a 2,45	14,51	26,7	11,45-	0,90	2,80	18,67	35,3	41,7	13,9	3,6	2,3	3,2

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

116/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

Amostra	Prof. (m)	$\gamma_{nat}^{(5)}$ (kN/m ³)	$w^{(4)}_{nat}$ (%)	$\gamma_d^{(1)}$ (kN/m ³)	$e_{nat}^{(2)}$	δ (g/cm ³)	$\gamma_{sat}^{(3)}$ (kN/m ³)	Granulometria					
								Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-07	2,15 a 2,45	11,59	22,1	9,49	1,31	2,72	14,38	14,4	53,4	21,3	3,4	1,6	2,8
PI-08	2,15 a 2,45	12,04	24,2	9,69	1,18	2,67	15,21	30,4	29,6	16,7	8,8	3,2	11,3
PI-09	1,15 a 1,45	11,31	28,3	8,81	1,45	2,79	14,61	39	31,1	16,9	6,7	2,2	4,1
PI-10	2,15 a 2,45	13,33	30,0	10,25	1,05	2,78	17,63	18,5	40,9	19,2	15	5,5	1

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat} / (1 + w_{nat})$;

(2) e_{nat} obtido dos corpos de prova dos ensaios triaxiais

(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1 + w_{nat}) / (1 + e)$

(4) Teor de umidade natural "In Situ"

(5) Peso específico natural obtido dos corpos de prova dos ensaios triaxiais

A partir dos ensaios de granulometria, observou-se que o terreno natural é composto por material que varia de silto-areno-argiloso a argila silto arenosa com pequenas quantidades de pedregulhos, como pode ser observado na Tabela 8-21 e na Figura 8.55.

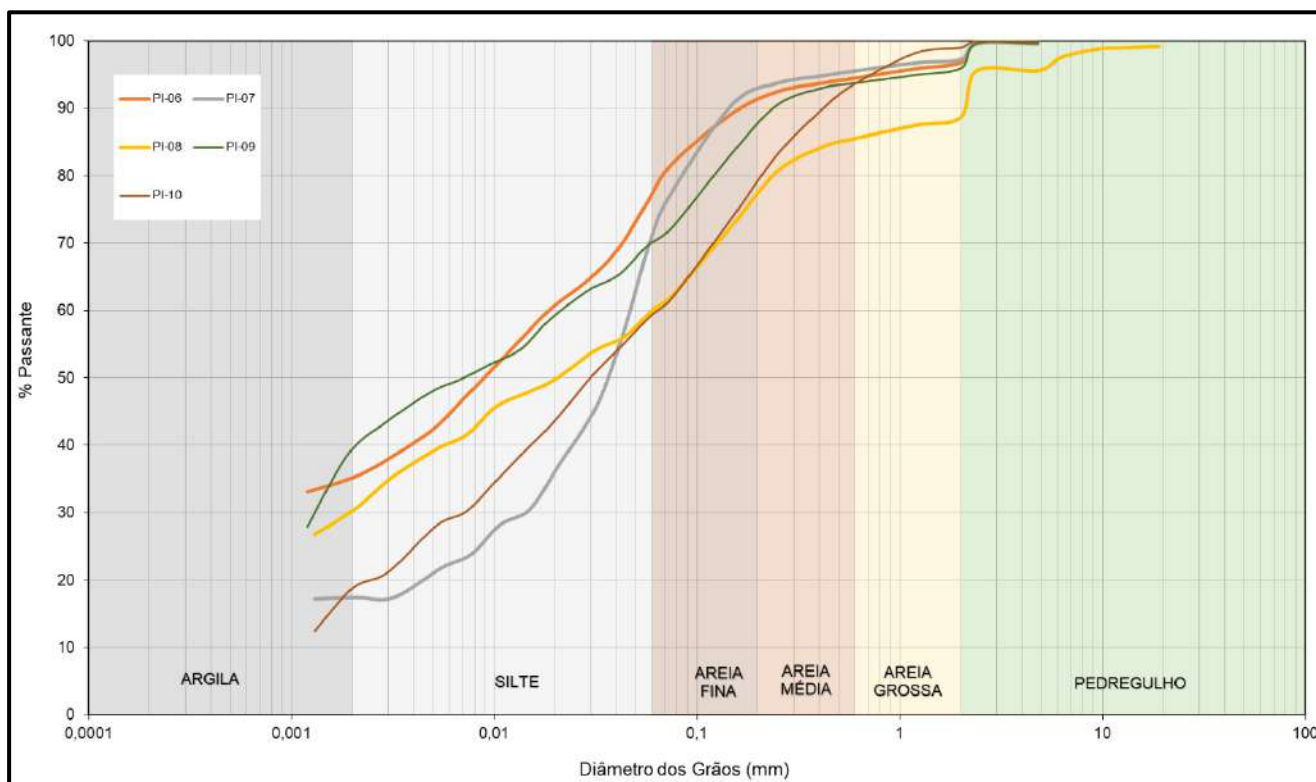


Figura 8.55 - Curvas granulométricas da fundação

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 117/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

8.5.2 Parâmetros de Resistência

Serão apresentadas a seguir os parâmetros de resistência obtidos na condição drenada utilizando os dados de ensaios triaxiais e SPT.

8.5.2.1 *Ensaio Triaxiais CIU*

Para auxiliar na definição dos parâmetros de resistência da fundação, foram analisados os ensaios triaxiais CIU realizados nas amostras PI06, PI07, PI08, PI09 e PI10 da campanha Pattrol 2014.

Conforme resumido na Tabela 8-22, foram analisados os ensaios triaxiais CIU de 5 (cinco) amostras indeformadas coletadas na ombreira esquerda e à jusante da Barragem BR. As amostras foram coletadas nas profundidades de 1,15 m a 2,45 m, correspondendo ao solo residual ali presentes.

Tabela 8-22 Resumo dos ensaios triaxiais não drenados e respectivas amostras.

Código	Ponto de Coleta	Prof. (m)	Tipo	Ensaio
PI-06	Ombreira Esquerda	2,15 a 2,45	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)
PI-07	Ombreira Esquerda	2,15 a 2,45	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)
PI-08	Ombreira Esquerda	2,15 a 2,45	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)
PI-09	Ombreira Esquerda	1,15 a 1,45	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)
PI-10	Jusante	2,15 a 2,45	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)

- Trajetória de Tensões

Os resultados dos triaxiais foram compilados no plano de tensões $t' \times s'$, procurando-se agrupar as amostras retiradas em profundidades semelhantes e com a mesma classificação granulométrica:

Nesse sentido, as Figura 8.56 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-06, no plano $t' \times s'$. a Figura 8.60 apresentam a variação ϕ' e c' para as amostras PI-06, PI-07, PI-08, PI-09 e PI-10 ensaiadas na ombreira e à jusante da Barragem BR.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

118/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

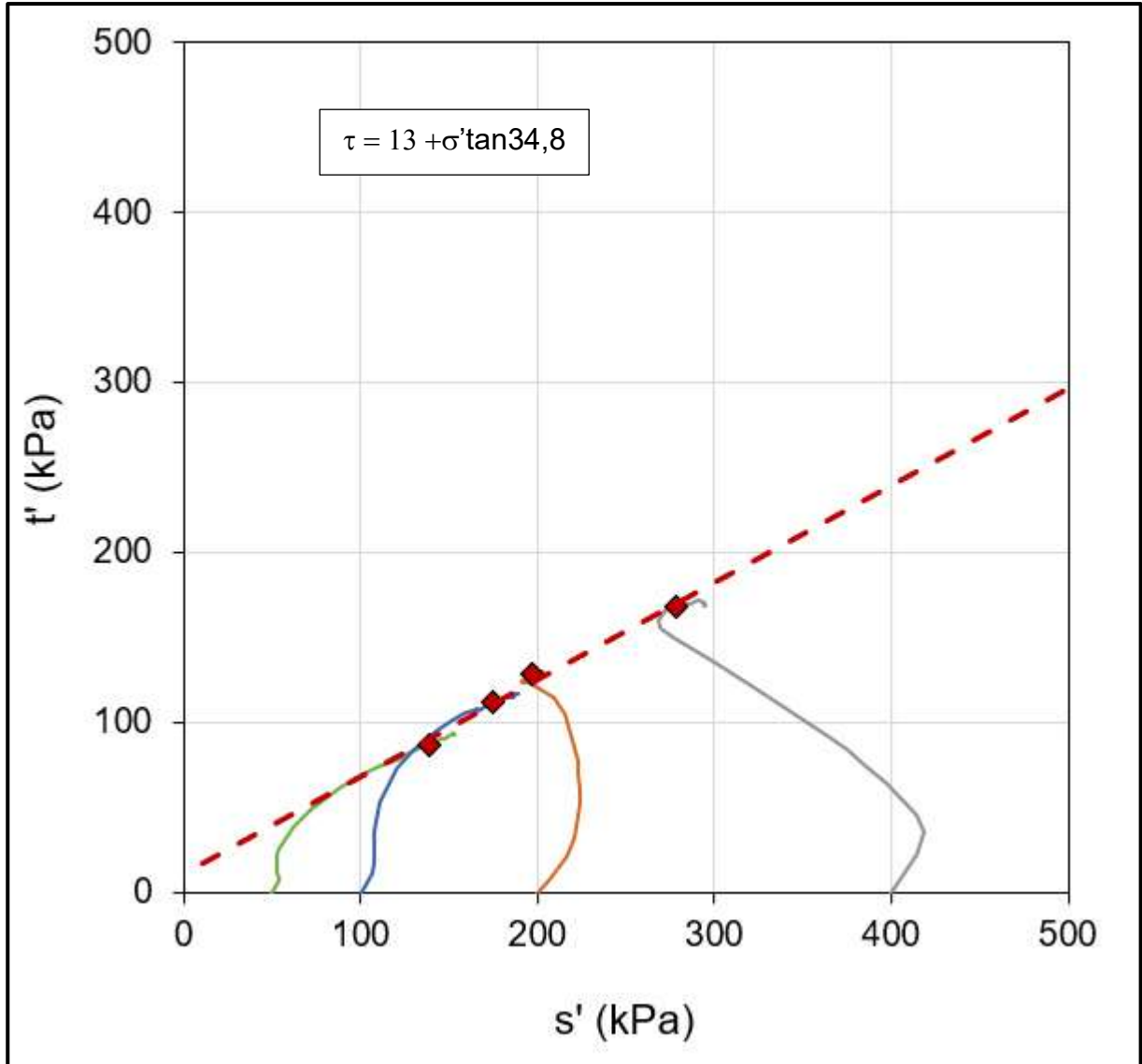


Figura 8.56 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-06, no plano t' x s' .

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

119/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

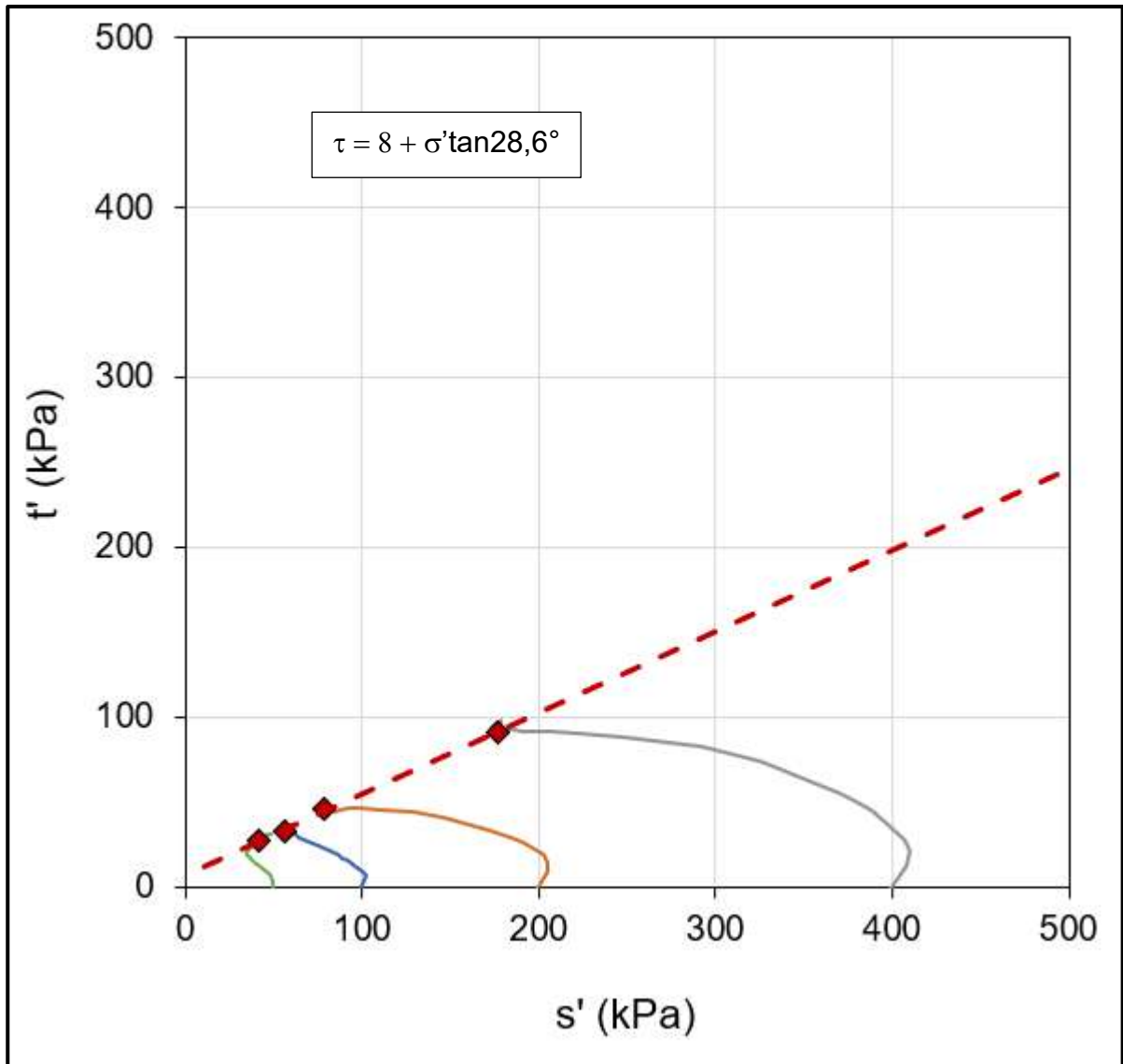


Figura 8.57 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-07, no plano $t' \times s'$.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

120/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

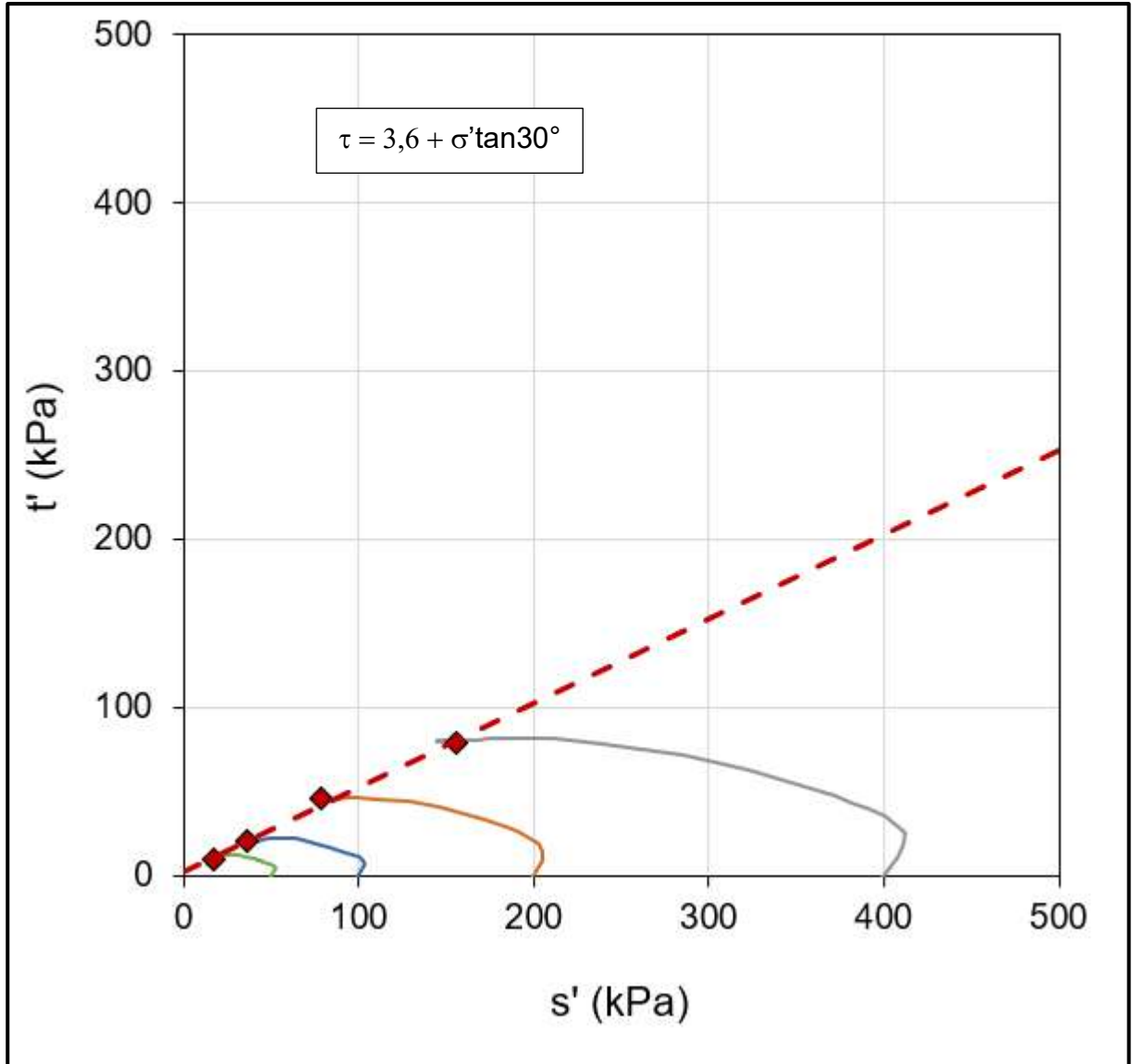


Figura 8.58 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-08, no plano $t' \times s'$.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

121/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

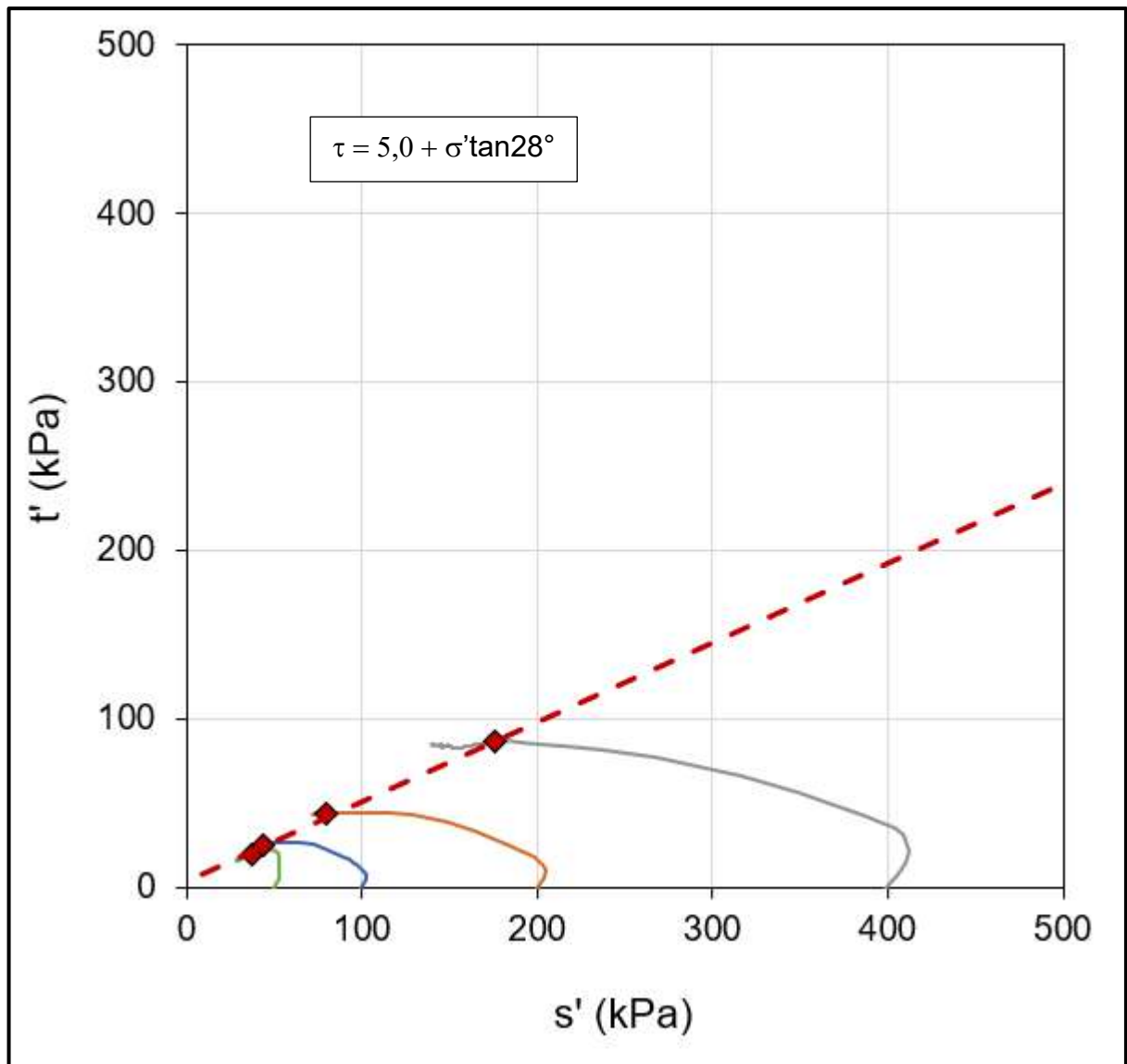


Figura 8.59 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-09, no plano t' x s'.

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

122/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

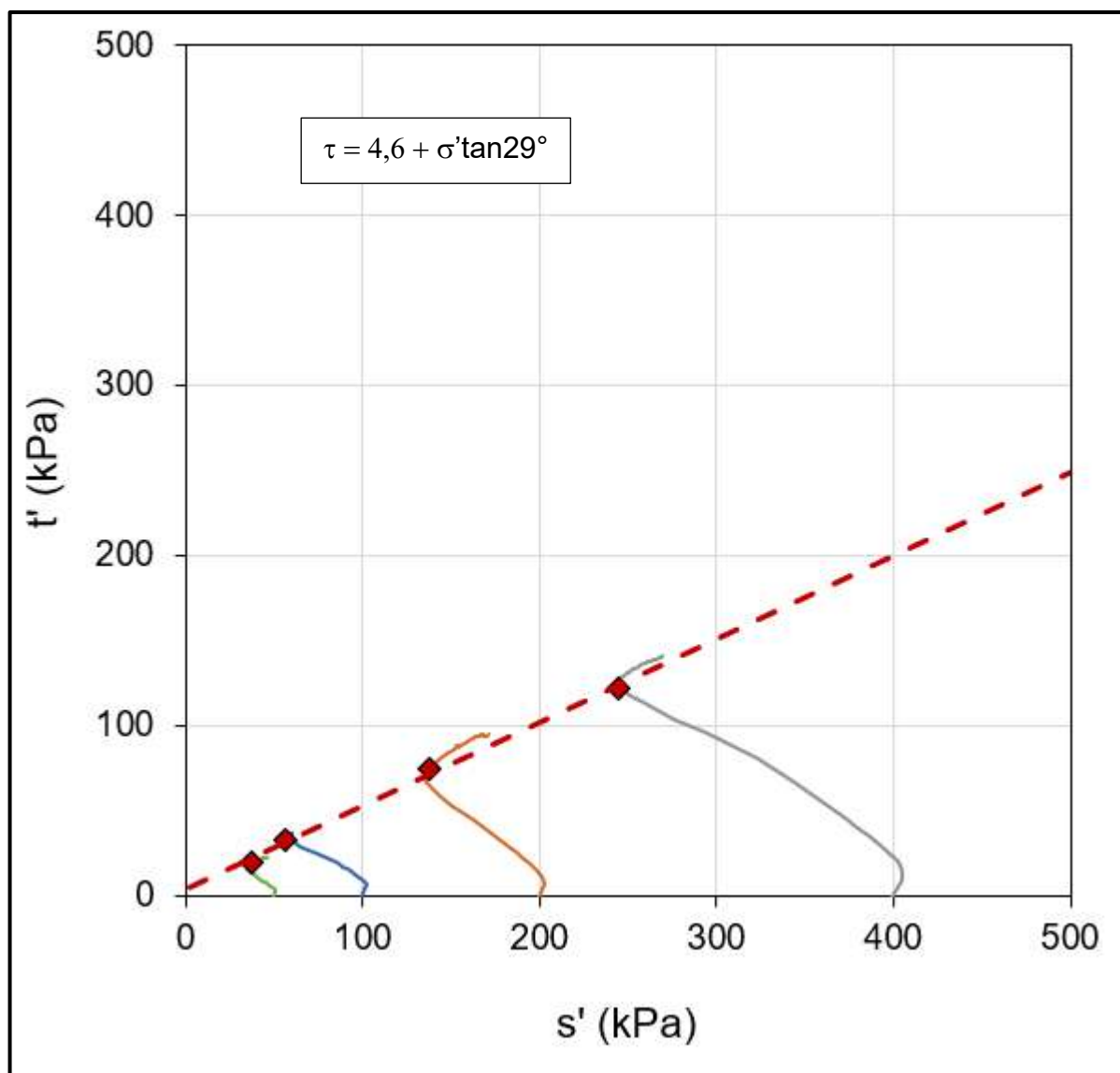


Figura 8.60 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-10, no plano $t' \times s'$.

Observa-se que, a partir das curvas analisadas, foi obtido ângulo de atrito efetivo de pico entre 28° e $34,8^\circ$ e intercepto coesivo entre 3,6 e 13 kPa para a fundação da barragem BR.

8.5.2.2 Ensaio de penetração (SPT)

Considerando todas as campanhas, um total de 46 furos interceptaram solos compatíveis aos da fundação da barragem BR, sendo que os valores de N_{SPT70} variaram de 2 a 49 golpes, com uma média de 23 golpes.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 123/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

A Figura 8.61 apresenta o histograma de distribuição normal para os dados obtidos de todas as sondagens à percussão e mista realizadas em solos compatíveis aos da fundação da barragem BR. A Figura 8.62 indica a distribuição log normal para os mesmos dados.

Foi definido um intervalo de confiança de 95% e, assim, foram excluídos os dados que estavam fora deste intervalo. Sendo assim, os valores de N_{SPT} da série considerada variam de 2 a 49 golpes. O primeiro quartil da distribuição amostral foi de 12 golpes, sendo este um valor que pode ser utilizado para calcular os parâmetros de resistência de maneira conservadora.

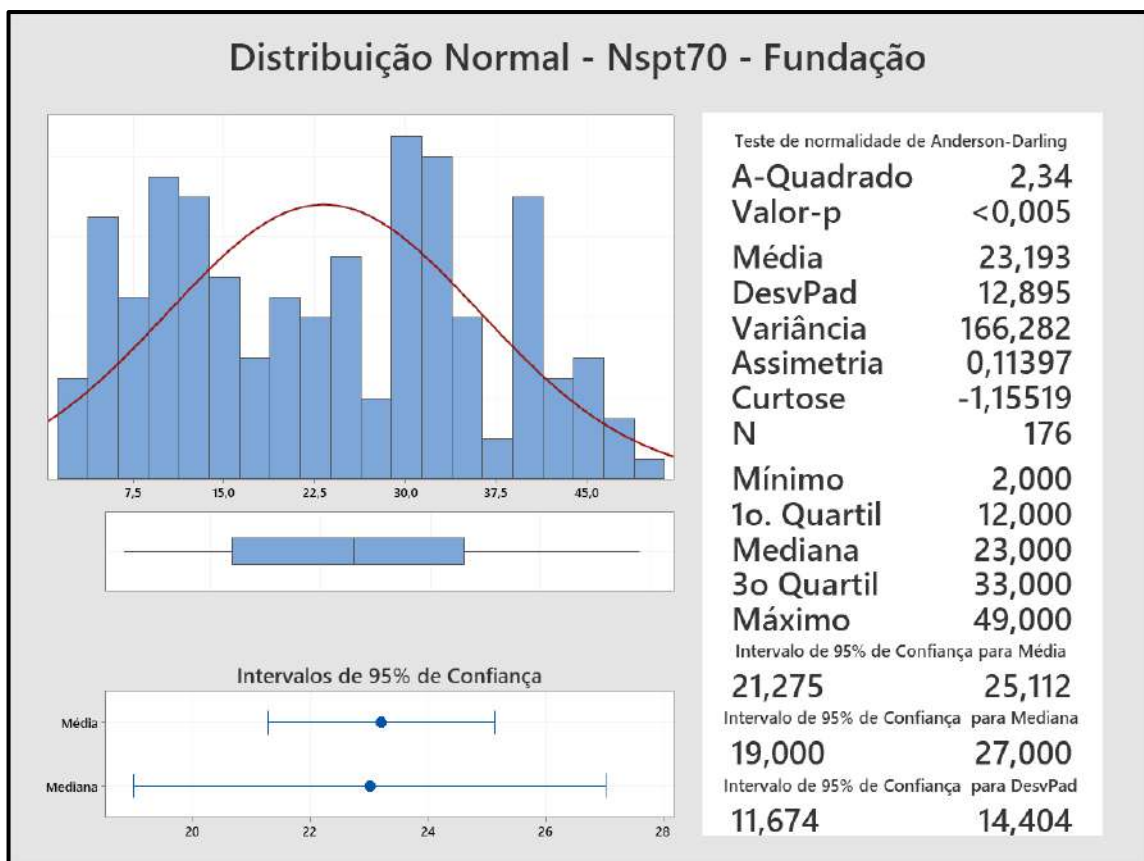


Figura 8.61 – Histograma de distribuição normal – NSPT – Fundação.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

124/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

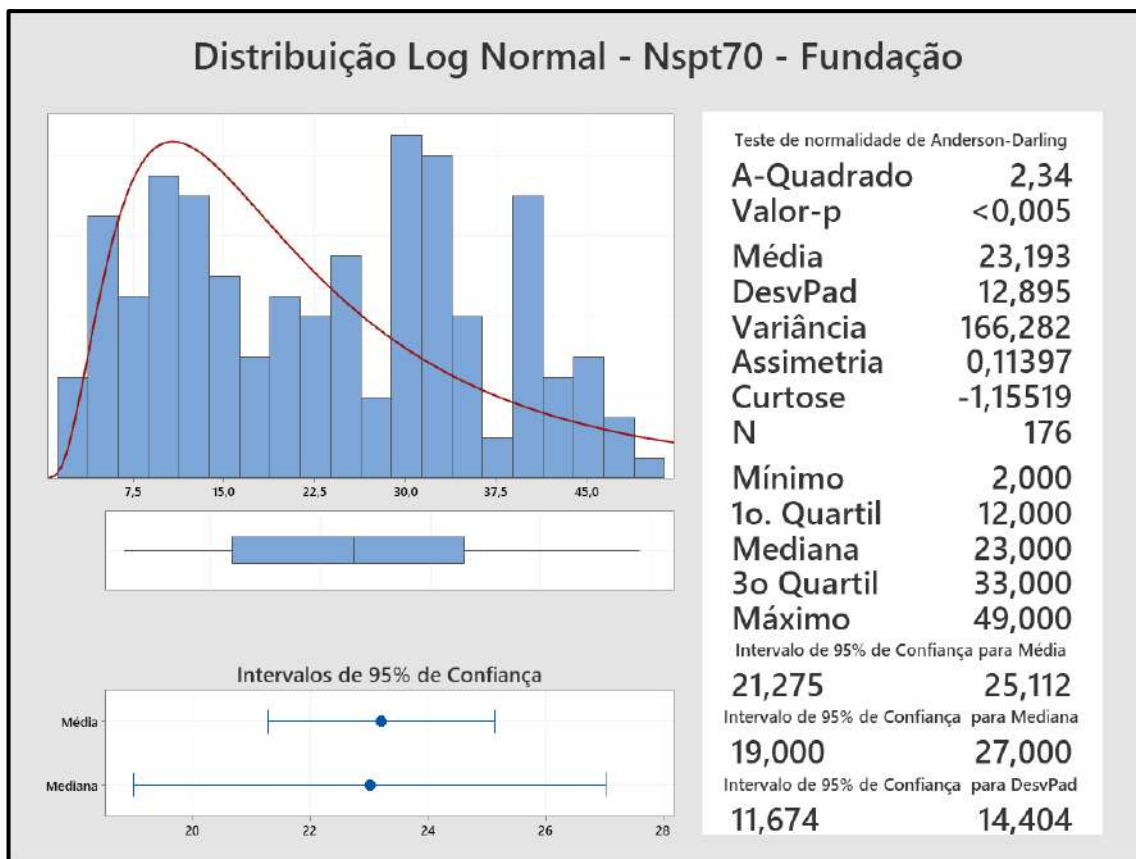


Figura 8.62 – Histograma de distribuição log normal – NSPT – Fundação.

As Figura 8.63 e Figura 8.64 indicam os histogramas de distribuição normal e log normal para o parâmetro Densidade Relativa (DR) do material. Observa-se que a densidade relativa variou de 26 a 100, com uma média de de 75.

A Densidade Relativa foi calculada pois, conforme será abordado no item seguinte, algumas correlações para definição do ângulo de atrito do rejeito são baseadas neste parâmetro. Sendo assim, foi feito o mesmo tratamento estatístico utilizado nos valores de N_{SPT}.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

125/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

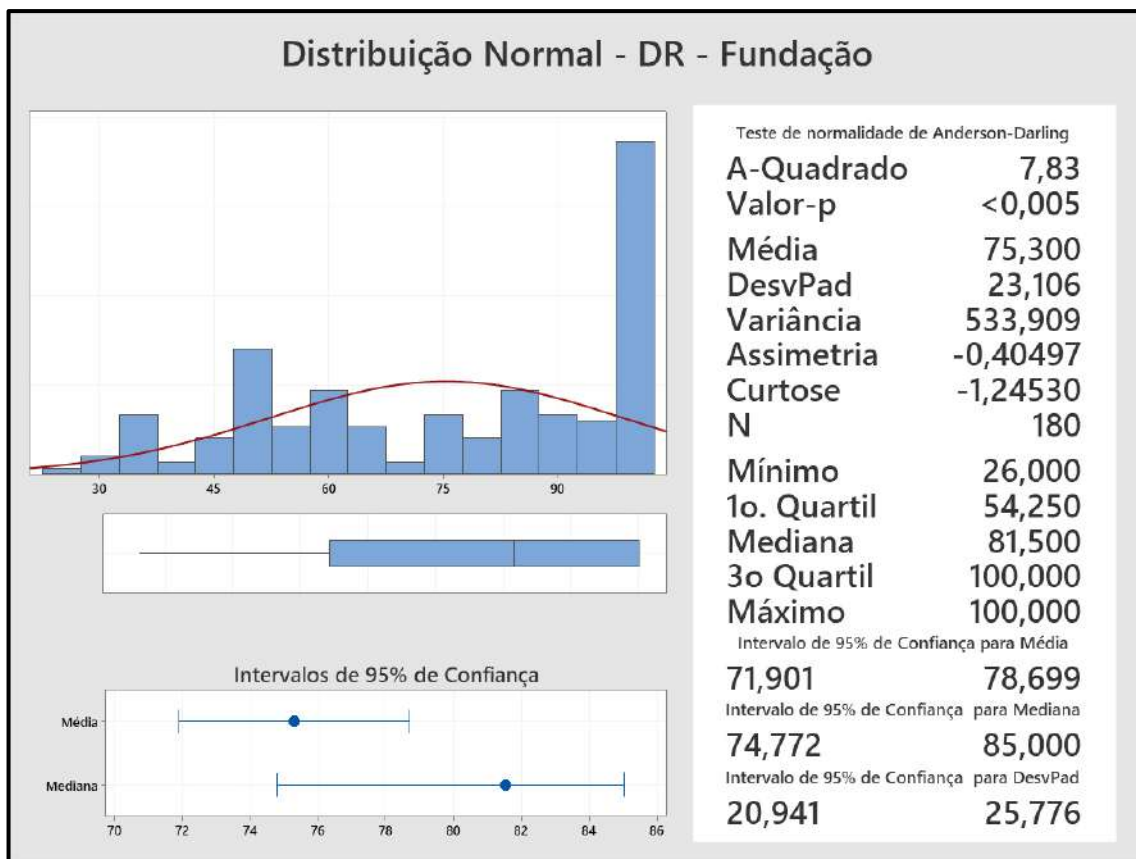


Figura 8.63 – Histograma de distribuição normal – Densidade Relativa – Fundação.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

126/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

0

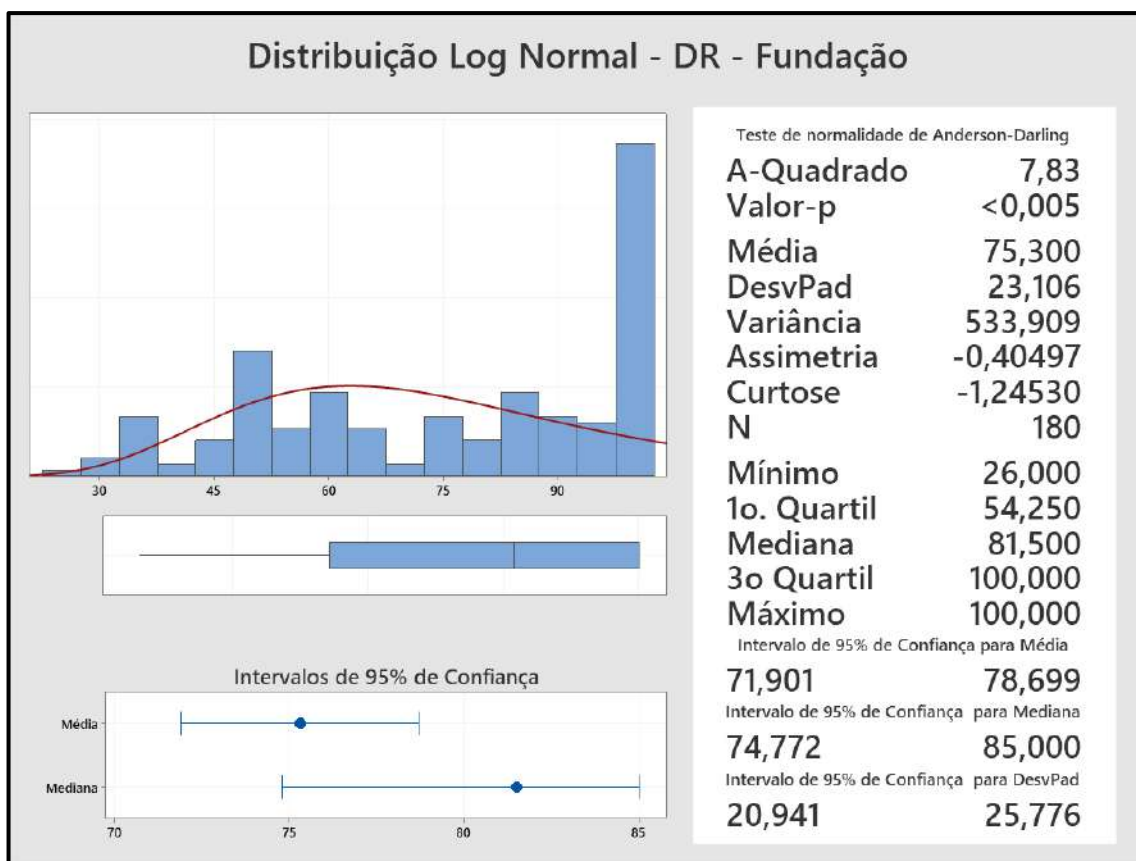


Figura 8.64 – Histograma de distribuição log normal – Densidade Relativa – Fundação.

Os parâmetros de resistência drenada foram estimados com base em correlações empíricas baseadas no $N_{SPT,70}$ e na densidade relativa (DR) calculada a partir dos ensaios de SPT, além das descrições geológico-geotécnicas.

Considerando a base de dados disponível foram realizadas análises estatísticas do $N_{SPT,70}$ e da densidade relativa (DR), adotando-se os valores calculados de média e moda. Sobre estes valores foram aplicadas as metodologias para determinação do ângulo de atrito efetivo, conforme Tabela 8-5 e Tabela 8-6.

Tabela 8-23 – Ângulo de atrito efetivo em função da DR – Rejeito.

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de DR			
	Meyerhof, 1959	de Mello, 1971	Giuliani e Nicoll, 1972	Rocha Filho, 1983
Média (75)	39	44	41	41
Moda (100)	43	55	43	46
Máximo (100)	43	55	43	46

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 127/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de DR			
	Meyerhof, 1959	de Mello, 1971	Giuliani e Nicoll, 1972	Rocha Filho, 1983
Mínimo (26)	32	30	35	31
1º Quartil (54)	36	37	38	37

Tabela 8-24 – Ângulo de atrito efetivo em função da $N_{SPT,70}$ – Rejeito.

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de $N_{SPT,70}$						
	Lambe e Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka e Uchida, 1996	Teixeira e Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009
Média (23)	35	37	36	41	37	36	39
Moda (33)	35	41	30	32	41	40	30
Máximo (49)	>41	48	52	56	46	44	51
Mínimo (2)	<28	29	28	27	21	24	23
1º Quartil (12)	31	33	31	34	30	32	33

Observa-se uma expressiva dispersão dos valores calculados para o 1º quartil das amostras de SPT pelos diferentes métodos propostos. O ângulo de atrito efetivo variou entre 31° e 38°.

8.5.2.3 Determinação dos Parâmetros de Resistência Drenados

Para este projeto, será adotado ângulo de atrito da fundação igual a 30°, valor este compatível a faixa de valores obtidos nos ensaios triaxiais e além disso, correspondente ao obtido para as correlações utilizando ensaios SPT. Para o parâmetro de coesão efetiva será adotado 7 kPa, valor este, correspondente a média obtida nos ensaios triaxiais CIU.

8.5.3 Parâmetros de Permeabilidade

O parâmetro de permeabilidade dos rejeitos foi analisado considerando os ensaios SPT e de laboratório, conforme descritos a seguir:

				DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO				Nº MOSAIC	PÁGINA
				-	128/137
				Nº (CONTRATADA)	REV.
				DF19-263-1-EG-RTE-0001	0

Na campanha de ensaios realizada pela Pattrol em 2014, observou-se que alguns furos de sondagem foram executados nas ombreiras. Os ensaios de infiltração realizados nestes furos indicaram um coeficiente de permeabilidade médio de $1,90 \times 10^{-6}$ m/s. A Tabela 8-25 apresenta os resultados dos ensaios de infiltração realizados nestes furos.

Tabela 8-25 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de infiltração – Pattrol 2014

Campanha	Código do furo	Resultados – k (cm/s)					K médio (cm/s)
		Trechos Ensaçados (m)					
		0,0 a 5,0	2,0 a 5,0	2,0 a 7,25	5,0 a 7,4	7,0 a 10,0	
Geoconsultoria	SP 10	-	3,10E-04	-	-	0	3,10E-04
	SP 11	-	7,40E-05	-	-	2,36E-05	4,88E-05
	SP 15	-	3,32E-05	-	-	4,91E-05	4,12E-05
	SP 20	-	1,49E-04	-	-	-	1,49E-04
	SP 21	-	6,42E-05	-	-	-	6,42E-05
	SP 23	-	1,84E-04	-	-	1,81E-05	1,01E-04
	SP 24	-	2,02E-04	-	-	1,86E-05	1,10E-04
	SP 25	-	7,58E-04	-	-	6,03E-04	6,81E-04
	SP 26	-	4,72E-04	-	-	-	4,72E-04
	SP 30	-	1,73E-04	-	1,18E-04	-	1,46E-04
	SP 31	-	1,25E-04	-	-	-	1,25E-04
	SP 32	-	-	9,00E-05	-	-	9,00E-05
	SP 33	-	1,54E-04	-	-	-	1,54E-04
	SP 34	1,64E-04	-	-	-	-	1,64E-04

Na campanha de 2014 da Pattrol foram coletadas amostras para ensaios de laboratório, sendo que 5 das amostras retiradas nas ombreiras da barragem foram utilizadas para ensaios de permeabilidade. A Tabela 8-26 resume os resultados obtidos. A média dos resultados foi de $1,34 \times 10^{-8}$ m/s.

Tabela 8-26 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de laboratório no rejeito – Pattrol 2014

Amostra	Prof. (m)	Tipo de amostra	k (cm/s)	k (m/s)
PI - 06	2,15 a 2,45	Amostra indeformada	5,4E-07	5,4E-09
PI - 07	2,15 a 2,45	Amostra indeformada	3,4E-06	3,4E-08
PI - 08	2,15 a 2,45	Amostra indeformada	4,2E-07	4,2E-09
PI - 09	2,15 a 2,45	Amostra indeformada	1,4E-07	1,4E-09
PI - 10	2,15 a 2,45	Amostra indeformada	2,2E-06	2,2E-08

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 129/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Observa-se alta dispersão nos valores de permeabilidade encontrados, variando desde de 10^{-4} m/s a 10^{-9} m/s. Com isso, a determinação destes parâmetros e da anisotropia dos materiais só será possível durante a calibração realizada no projeto detalhado a partir de modelos numéricos, e balizados pelos dados de instrumentação existente no maciço.

8.6 PARÂMETROS CONSOLIDADOS

Este capítulo apresenta o quadro resumo dos parâmetros que serão utilizados para desenvolvimento do projeto detalhado. Os resultados estão apresentados na Tabela 8-27.

Tabela 8-27 – Parâmetros adotados pelo projeto.

Material	Parâmetros de resistência e permeabilidade							
	γ_{nat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	k (m/s)	k_v/k_h	$Su(pico)/\sigma'_v$	$Su(Liq)/\sigma'_v$
Rejeito de Flotação	19	20	0	36	-	-	0,26	0,08
Maciço de Magnetita	28	29	0	34	-	-	0,23	0,06
Reforço de Magnetita	28	29	0	34	-	-	-	-
Maciço Inicial – Solo Compatado	-	19	20	30	-	-	-	-
Fundação	-	17	7	30	-	-	-	-

9.0 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

A seguir são descritos os estudos hidrológicos e hidráulicos desenvolvidos em âmbito conceitual, para a Barragem BR elevação 1.210,00 m:

- Estudos de chuvas intensas: desenvolvido a partir da estação Tapira (disponibilizada no site da ANA), com série de dados de 1974 até 2019;
- Sistema extravasor: estrutura dimensionada para as TR's de 1.000 e 10.000 anos, conforme preconiza NBR 13.028/2017. Obtendo resultados conforme apresentados na Tabela 9.1 seguinte:

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 130/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

Tabela 9.1 – Resmudo dos resultados obtidos nos estudos conceitua – Barragem BR elev. 1.210,0m.

Tempo de retorno (anos)	1.000	10.000
Duração crítica (dias)	10	10
Altura da chuva crítica (mm)	679,87	771,95
Vazão máxima afluente (m ³ /s)	25,21	29,07
Vazão máxima efluente (m ³ /s)	20,73	24,50
Largura da base menor do emboque do vertedouro (m)	4,0	
Inclinação lateral das paredes do extravasor (xH:1V)	1,5	
Elevação da soleira do sistema extravasor (m)	1202	
Elevação da crista (m)	1210	
NA máximo maximorum (m)	1203,63	1203,79
Borda livre (m)	6,37	6,21

- Drenagem superficial: quantis de chuva associados a 500 anos de tempo de retorno tanto para os canais periféricos, quanto para a berma que atuará como canal, conforme recomenda a Norma Brasileira NBR 13.028/2017, a diagramação é apresentada a seguir:

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

131/137

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

REV.

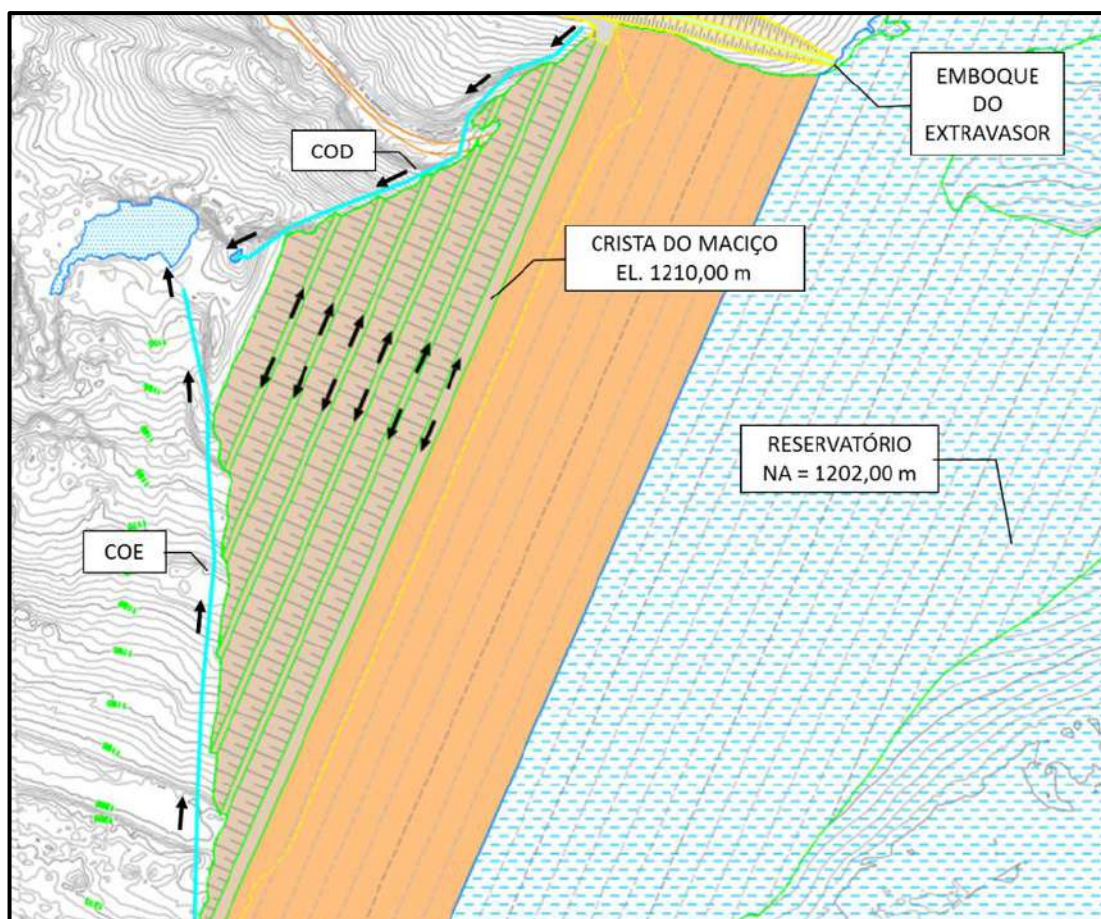
0

Figura 9.1 – Diagramação da drenagem superficial – Barragem BR Elev. 1.210,0 m.

Os resultados supracitados, em estudos conceituais para a Barragem BR Elev. 1.210,0 m, foram desenvolvidos no documento DF19-258-1-EG-RTE-0002, pela DF+ Engenharia em março de 2020.

Ressalta-se que mais detalhes no âmbito hidrológico e hidráulico, será tratado em fase futura.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 132/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

10.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em parte desse estudo, foram utilizadas correlações empíricas e estimativas mediante as informações disponibilizadas para obtenção de parâmetros representativos do comportamento geotécnico dos materiais. Todavia, tal metodologia incorre em incertezas devido à não determinação direta de certas propriedades.

Nos itens abaixo são apresentadas considerações a respeito dos principais aspectos observados nas investigações geotécnicas pretéritas.

- Rejeito
 - Não foi possível determinar a linha de estado crítico em função do índice de vazios, não sendo possível a determinação de parâmetros de estado do rejeito;
 - É desconhecido o perfil de índice de vazios com a profundidade;
 - A caracterização física dos rejeitos se restringe àquelas obtidas em amostras retiradas na superfície da praia;
 - Dentre os ensaios de compressão triaxial não drenada, nenhum corpo de prova apresentou comportamento contrátil. Conseqüentemente a resistência não drenada de pico pôde ser determinada em função de um número reduzido de ensaios;
 - Em laboratório, a resistência não drenada foi avaliada apenas em ensaios de compressão triaxial CIU.
 - Não foram executados ensaios de resistência ao cisalhamento drenada em laboratório, para determinação dos parâmetros de deformabilidade drenados dos rejeitos;

- Maciço de Magnetita
 - Ensaios de caracterização e resistência ao cisalhamento em laboratório se restringiram a duas amostras retiradas na superfície do maciço em 2014.

- Reforço de Magnetita
 - Foram considerados os mesmos parâmetros da magnetita, com a observação de que, segundo o “As Built” apresentado, houve controle de compactação e, portanto, o material foi considerado não susceptível à liquefação, utilizando assim os parâmetros drenados.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 133/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

- Maciço Inicial
 - As sondagens à Percussão e Mistas existentes não interceptaram o maciço inicial. Sua localização foi advinda dos resultados de ensaios CPTu's que interceptaram o material. Os parâmetros considerados neste relatório se basearam na experiencia da projetista com materiais similares e em relatórios anteriores;
 - Com as informações disponibilizadas, há muitas incertezas dos contatos estratigráficos, resistência ao cisalhamento, permeabilidade, etc, entre os horizontes do maciço inicial;

- Fundação
 - Os parâmetros adotados se basearam em ensaios realizados em 5 amostras coletadas na ombreira esquerda e à jusante da barragem, além de correlações com os dados de sondagens SPT e mistas executadas nas ombreiras e à jusante da mesma. Estão sendo executadas atualmente mais sondagens à jusante da barragem para melhor consolidação da estratigrafia da fundação, podendo a interpretação atual sofrer modificações advindas desta nova campanha. Ressalta-se que até o momento, a DF+ não recebeu os arquivos;

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 134/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

11.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKMIM F. (2004) O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimita-lo In: Mantesso-Neto et al. (eds.) Geologia do Continente SulAmericano. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. *Becca*, 17-35.

BALTAZAR O.F., ZUCCHETTI M. (2007) Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: a review of the setting of gold deposits *Ore Geology Reviews*. *Ore geo. rev.*, **2005.03.021**: 63–103.

BALTAZAR, O.F.; BAARS F.J.; LOBATO, L.M.; REIS, L.B.; ACHTSCHIN, A.B.; BERNI, G.V.; SILVEIRA, V.D. (2005) Mapa Geológico Casa de Pedra na Escala 1:50.000 com Nota Explicativa. In: Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com nota explicativa. Lobato et al. (2005) CODEMIG. Belo Horizonte.

CRUZ, P. T.. 100 Barragens Brasileiras, Casos Históricos, Materiais de Construção e Projetos. Oficina de Textos, 2º Edição. São Paulo, p.647. 2004.

DORR J. VAN N. II. 2nd. (1969) Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. In: Professional Paper, Washington, USGS/DNPM, 641-A: 110.

FARINA, F., ALBERT, C., MARTÍNEZ DOPICO, C.I., GIL, C.M.A., MOREIRA, H.S., HIPPERTT, J.P., CUTTS, K., ALKMIM, F.F., LANA, C.C. (2016) The Archean-Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Brasil: current models and open questions. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 68, p. 4-21. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981115300808>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

FREIRE NETO, J.P. (2009). Estudo da liquefação estática em rejeitos e aplicação de metodologia de análise de estabilidade. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. NUGEO, Ouro Preto-MG.

ISHIHARA, K. (1985). Stability of Natural Deposits during Earthquakes, Proc., 11th Int.Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, Vol.1, pp.321 376.

LOBATO, L.M., BALTAZAR, O.F., REIS, L.B., ACHTSCHIN, A.B., BAARS, F.J., TIMBÓ, M.A., BERNI, G.V., MENDONÇA, B.R.V. DE FERREIRA, D.V. (2005) Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa. Belo Horizonte: CODEMIG, 2005.

MARTÍNEZ DOPICO, C.I., LANA, C., MOREIRA, H.S., CASSINO, L.F., ALKMIM, F.F. (2017) U–Pb ages and Hf-isotope data of detrital zircons from the late Neoproterozoic Minas Basin, SE Brazil. *Precambrian Research* v. 291, p. 143–161.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 135/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

MOURÃO, M.A.A. (2007) Caracterização hidrogeológica do Aquífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007. 297p.

ODEBRECHT, E., SCHNAID, F. ROCHA, M.M., BERNARDES, G.P (2005) Energy Efficiency for Standard Penetration Tests. Journal of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering, 131(10): p. 1252-1263.

OLSON, S.M. & MATTSON, B.B. (2008). Mode of shear effects on yield and liquefied strength ratios. Canadian Geotechnical Journal, 45, 574–587.

OLSON, S.M. (2006). Liquefaction analysis of Duncan Dam using strength ratios. Canadian Geotechnical Journal, 43(5), 484-499.

OLSON, S.M. AND STARK, T.D. (2003a). Yield strength ratio and liquefaction analysis of slopes and embankments. ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 129(8), 727-737.

OLSON, S.M. AND STARK, T.D. (2003b). Use of laboratory data to confirm yield and liquefied strength ratio concepts. Canadian Geotechnical Journal, 40(6), 1164-1184.

PERES, J. P. 1998, Geostatística aplicada ao mapeamento do índice de resistência a penetração do ensaio padronizado (SPT). Dissertação de mestrado. UNESP, Rio Claro- SP. 184p

PERLEA, V.G., KOESTER, J.P. AND PRAKASH, S. (1999). “How Liquefiable are Cohesive Soils?” Proc. Second Int Conf on Earthquake Geotechnical Engg., Lisbon, Portugal, Vol. 2, 611-618.

POULOS, S.J., CASTRO, G. & FRANCE, J.W. (1985). Liquefaction evaluation procedure. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, v. 111, n. 6, 772-792.

ROBERTSON, P.K. (1994). “Suggested terminology for liquefaction.” Proc., 47th Canadian Geotechnical Conf., Halifax, Nova Scotia, 277-286.

ROBERTSON, P.K. AND CAMPANELLA, R.G. (1985). “Liquefaction potential of sands using the CPT.” Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 111(3), 384-40.

ROBERTSON, P.K. AND WRIDE (FEAR), C.E. (1998). “Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetrometer test.” Canadian Geotechnical Journal, 35(3), 442-459.

ROMANO A. W. & REZENDE L. F. S. 2017. Relatório explicativo (Preliminar) do mapa geológico da Folha Ouro Preto na escala 1:100.000 (SF.23-X-A-III). Projeto Triângulo Mineiro. CODEMIG/UFMG, Belo Horizonte.

SCHNAID, F., ODEBRECHT, E., ROCHA, M.M., BERNARDES, G. P. (2009) Prediction of Soil Properties from the Concepts of Energy Transfer in Dynamic Penetration Tests. J. Geotech. Geoenviron. Eng., 135(8): p. 1092-1100.

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 136/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

SPIER, C.A., LEVETT, A., ROSIÈRE, C.A. (2019) Geochemistry of canga (ferricrete) and evolution of the weathering profile developed on itabirite and iron ore in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Mineralium Deposita* 54: p. 983–1010.

TERZAGHI, K.; PECK, R.B. & MESRI, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, 549 p.

VARAJÃO, A. E. D. C., BOULANGE, B., AND MELFI, A.J. (1990) Caracterização morfológica, mineralógica e química das fácies estruturais da jazida de caulinita de Vargem dos Óculos, Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista Brasileira de Geociências*, 20, 75-82.

WANG, W. (1979). "Some Findings in Soil Liquefaction" Report Water Conservancy and Hydro-electric Power Scientific Research Institute, Beijing, China, 1-17

**DETALHADO ALTEAMENTO
BARRAGEM BR EL. 1210 M****PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M
CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE
LABORATÓRIO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

Nº (CONTRATADA)

DF19-263-1-EG-RTE-0001

PÁGINA

137/137

REV.

0

12.0 EQUIPE TÉCNICA**EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE DOCUMENTO**





Razão social:	DF Mais Consultoria Ltda.
CNPJ:	01.053.662/0001-92
Endereço:	Av. Barão Homem de Melo, 4554, bairro Estoril, CEP 30494-270, Belo Horizonte - MG

EQUIPE TÉCNICA

Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação/Revisão
Júnio Fagundes	JF	Geotecnia	Revisão
Breno Lucena	BL	Geotecnia	Estudos Geotécnicos/Elaboração do Documento
Lucas Monção	LM	Geotecnia	Estudos Geotécnicos
Mário Júnior	MJ	Geotecnia	Estudos Geotécnicos/Elaboração do Documento
Luis Freitas	LF	Hidrologia	Estudos Hidráulicos - Hidrológicos/Elaboração do Documento
Silas Salgado	SS	Geologia	Estudos Geológicos/Elaboração do Documento

		DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 M CONSOLIDAÇÃO DE DADOS, ENSAIOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 138/137
		Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-EG-RTE-0001	REV. 0

APÊNDICE

 PRAIA.pdf	APENDICE A – DADOS CPTU – PATTROL 2014 - REJEITO Formato: ["PDF"]
 PRAIA2.pdf	APENDICE B – DADOS CPTU – PATTROL 2019 - REJEITO Formato: ["PDF"]
 MACIÇO.pdf	APENDICE C – DADOS CPTU – PATTROL 2019 - MAGNETITA Formato: ["PDF"]
 MACIÇO2.pdf	APENDICE D – DADOS CPTU – DAMASCO PENNA 2019 - MAGNETITA Formato: ["PDF"]



Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002
www.dfmais.eng.br

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 2/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

SUMÁRIO

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
3.0	CRITÉRIOS E PREMISSAS	5
4.0	BALANÇO HÍDRICO	7
5.0	PROJEÇÃO DO REJEITO NO RESERVATÓRIO	12
6.0	RESULTADOS OBTIDOS	15
7.0	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	22
8.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
9.0	APÊNDICE	25
10.0	EQUIPE TÉCNICA	32

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 3/32	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0	

1.0 INTRODUÇÃO

No presente documento, elaborado pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos, são apresentados os estudos desenvolvidos para a verificação da operação da Barragem BR, considerando a disposição de rejeitos e a captação de água para operação das instalações do Complexo CMT, localizado no município de Tapira/MG, apresentados na Figura 1.1.

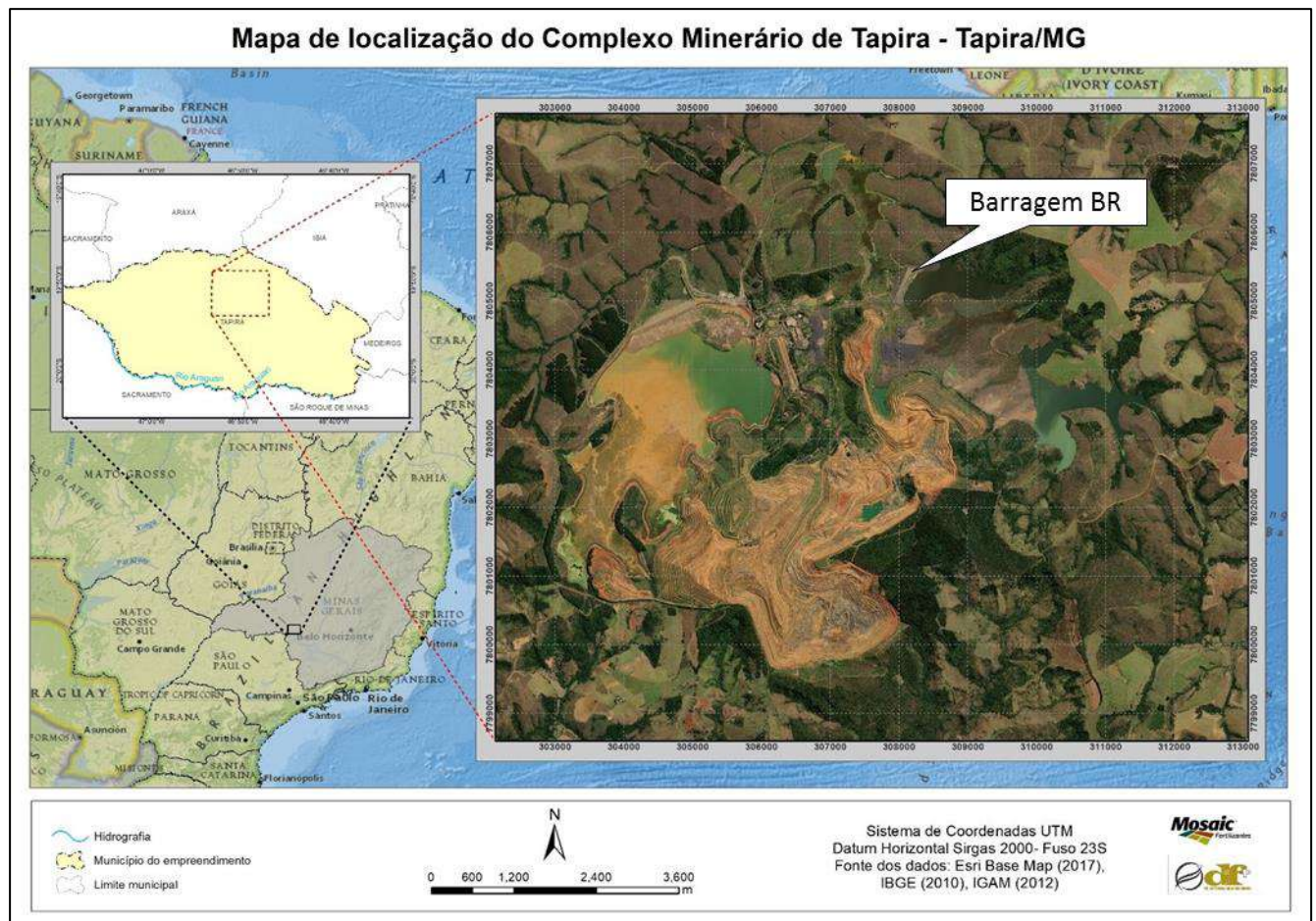


Figura 1.1 – Localização da Barragem BR no CMT

Os trabalhos consistiram na elaboração de modelos matemáticos do balanço hídrico, considerando cenários de disposição de rejeitos ao longo dos anos de operação da estrutura, a partir dos dados disponibilizados pela MOSAIC de: previsão de produção, caracterização de rejeito e critérios e premissas, os quais estão apresentados nos itens subsequentes.


		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 4/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

2.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos utilizados para o desenvolvimento do presente relatório estão apresentados na Tabela 2.1. Os documentos foram obtidos através de consulta ao sistema SGPSB, disponibilizados em visita técnica ou foram documentos desenvolvidos pela DF+.

Tabela 2.1 – Documentos de Referência

Número do documento	Descrição
DF19-023-1-EG-RTE-0013	Diagnóstico da Barragem BR – DF+ - 2019
DF19-258-1-EG-RTE-0002	Projeto Conceitual – Barragens - Alteamento Barragem BR – El 1210 m - Relatório Técnico
VG17-092-1-EG-RTE-0071	RPSB da Barragem BR – DF+ - 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 1 – CCC Topografia – agosto de 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 3 – CCC Topografia – agosto de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR SEÇÕES TRANSVERSAIS”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Seções – MOSAIC – setembro de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR PLANTA”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Planta – MOSAIC – setembro de 2019
WBH122-17-MOSC041-RTE-0017	Relatório Técnico “As Is” – Barragem BR – WALM – abril de 2019
WBH122-17-MOSC073-RTE-0001	Relatório Técnico de Projeto Detalhado – Avaliação do Comportamento Sedimentológico da Lama a ser Lançada no Reservatório da Barragem BR – WALM – julho de 2019
DF19-258-1-EG-RTE-0003	Projeto Conceitual - Barragens - Alteamento Barragem BR – El 1210 m - Plano de Disposição de Rejeitos - Relatório Técnico

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 5/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

3.0 CRITÉRIOS E PREMISSAS

As principais premissas e critérios que subsidiaram o desenvolvimento dos estudos para verificação do período de operação da Barragem de Rejeitos BR estão apresentadas a seguir:

- Balanço hídrico desenvolvido com o auxílio do *software* GoldSim, GoldSim Technology Group LCC, considerando a simulação com intervalo de tempo diário;
- Os rejeitos lançados no reservatório possuem a seguinte caracterização, fornecida pela equipe MOSAIC em maio de 2020:
 - Percentual de sólidos na polpa 6,6%;
 - Índice de vazios do rejeito depositado igual a 1,00;
 - Densidade dos grãos igual a 3,2 ton/m³.
- A taxa de geração de rejeito foi considerada constante ao longo da operação da Usina e foi adotada como o volume máximo a ser produzido de acordo com o LOM (*Life of Mining*), fornecido pela Mosaic, de 5.679.887,00 ton/ano, referente ao ano de 2057;
- Simulações do período de pré-operação em 01/10/2020, iniciando-se o enchimento do reservatório da Barragem com o fechamento do atual extravasor na elevação 1193,00 m;
- Simulações com início da disposição em 01/10/2027, alinhado com o término de operação da Barragem BL1, para a Barragem BR, até a ocupação total do reservatório;
- Declividade da superfície de rejeitos: 0,2% para a praia de rejeitos e 0,7% trecho submerso;
- Lançamento de rejeitos a partir do Canal de Lamas elaborado no projeto de alteamento (ver desenhos DF19-263-1-EG-DWG-0075 a DF19-263-1-EG-DWG-0086);
- Representação da ocupação do reservatório, com auxílio dos *softwares* RiftTD, desenvolvido pela Rift Software e Civil 3D, desenvolvido pela AutoDesk. A ocupação foi feita pela projeção de uma superfície a partir do ponto de lançamento;
- Ponto de lançamento considerado na saída do Canal de Lamas, projetado para condução da polpa até o reservatório, com lançamento na elevação 1.208,00m;

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 6/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

- Elevação da superfície de rejeitos limitada à elevação 1.210 m, correspondente à elevação do projeto de alteamento;
- Manutenção da vazão mínima residual a jusante da Barragem de Rejeitos BR de 428,00 m³/h durante o período de operação, conforme dados de Hidrosistemas/COPASA (1993);
- Vazão média de longo termo afluyente à Barragem de Rejeitos BR de 1.471,00 m³/h, conforme dados de Hidrosistemas/COPASA (1993);
- Série de vazões afluentes obtida por meio de transformação chuva-vazão a partir de dados de estação pluviométrica próxima ao local do empreendimento;
- Captação de água no reservatório de 3.000 m³/h até 2027 e após tal período foi considerado a captação máxima possível durante o período de operação, visando suprir toda a necessidade da usina;
- Elevação da soleira do vertedouro posicionada na elevação 1.202,00 m, 8,00 m abaixo da crista da barragem, que se situa na elevação 1.210,00 m;
- Após a água atingir o volume máximo do reservatório (NA na elevação 1.202,00 m), os volumes afluentes ao reservatório, são considerados como vertidos pelo sistema extravasor, independente do volume;
- Taxa de assoreamento do reservatório igual a 289,15 m³/ha/ano, considerando os sedimentos provenientes da área da bacia hidrográfica de contribuição, correspondente à 14,86 km²; com exceção do espelho do reservatório, que não gera sedimentação;
- Curvas Cota-Área-Volume determinadas considerando-se a evolução da praia de rejeitos, obtidas a partir da interação balanço hídrico e cenários de disposição de rejeito;
- Nível de água mínimo operativo do sistema de captação correspondente a uma lâmina de água de 1,50 m acima do fundo do reservatório no ponto de captação, com rejeitos e sedimentos depositados.
- A taxa de geração de rejeito foi considerada constante ao longo da operação da Usina e foi adotada como o volume máximo a ser produzido de acordo com o LOM (*Life of Mining*), fornecido pela Mosaic, de 5.679.887,00 ton/ano, referente ao ano de 2057;

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 7/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

4.0 BALANÇO HÍDRICO

O estudo do balanço hídrico foi realizado com a finalidade de se prever a relação esperada entre os volumes afluentes e efluentes no reservatório da Barragem BR. Estão envolvidos nesse processo o volume proveniente da precipitação sobre a bacia de contribuição, volume de rejeitos lançados e sedimentos depositados, além dos volumes de água necessários à restituição da vazão residual e de captação para a utilização da planta de beneficiamento.

A seguir são descritas as metodologias de simulação do balanço hídrico da barragem em estudo.

4.1 METODOLOGIA DO BALANÇO

A simulação da operação do reservatório foi realizada a partir da aplicação da equação do balanço hídrico entre afluências e defluências médias mensais, a saber:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = [(P_{DIRETA} + Q_{AFLUENTE} + Q_{ÁGUA LIVRE}) - (E_{REAL} + Q_{RESIDUAL} + Q_{CAPTADA} + Q_{VERTIDA})] \quad \text{Equação 4.1}$$

Em que:

- $\frac{\Delta V}{\Delta t}$: corresponde à variação do volume no intervalo de tempo de simulação Δt (1 dia);
- P_{DIRETA} : Vazão proveniente da precipitação total diária sobre a superfície do espelho de água formado pelo reservatório. Utilizou-se os dados de precipitação total média mensal provenientes da Estação Pluviométrica Tapira, código 1946011, disponíveis no banco de dados da ferramenta HidroWeb, plataforma de dados hidrometeorológicos da Agência Nacional das Águas (ANA). Os dados utilizados são apresentados no item APÊNDICE;
- $Q_{AFLUENTE}$: Vazão proveniente da bacia de contribuição. Face à ausência de longas séries históricas na bacia em estudo, a série de afluências diárias na seção fluvial de implantação da Barragem BR foi determinada a partir de técnicas de transformação chuva-vazão. Fez-se a caracterização da bacia de contribuição em função do uso e ocupação do solo, e obteve-se um coeficiente de escoamento superficial aplicado aos volumes totais diários de precipitação da estação supracitada. A série de vazões obtida pelo estudo encontra-se presente no APÊNDICE deste documento;
- $Q_{ÁGUA LIVRE}$: Vazão de água liberada pelo rejeito após o adensamento. Essa vazão representa a quantidade de água que é liberada na transformação da polpa lançada em rejeito depositado com o tempo.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 8/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

Para o cálculo da quantidade liberada de água utiliza-se dos parâmetros de caracterização do rejeito apresentados a seguir:

- P = percentual de sólidos na polpa (6,6%);
- e = índice de vazios do rejeito depositado (1,00);
- $\rho_{grãos}$ = densidade dos grãos (3,20 ton/m³);
- $\rho_{água}$ = densidade da água (1,00 ton/m³);
- $M_{rejeito}$ = massa seca de rejeito lançada (5,68 ton/ano).

O procedimento de cálculo consiste na obtenção da quantidade de água presente na polpa que fica retida após ser depositada no reservatório: $M_{água\ retida}$. É obtido, então, a massa total de água na polpa, $M_{água\ total}$, seguido, por fim, da massa de água liberada, $M_{água\ livre}$, através da diferença entre a massa de água total e a massa de água retido, como explicitado a seguir:

$$M_{água\ retida} = \frac{e \cdot M_{rejeito} \cdot \rho_{água}}{\rho_{grãos}} \quad \text{Equação 4.2}$$

$$M_{água\ total} = \frac{M_{rejeito} \cdot (1 - P)}{P} \quad \text{Equação 4.3}$$

$$M_{água\ livre} = M_{água\ total}(\text{Equação 4.2}) - M_{água\ retida}(\text{Equação 4.3}) \quad \text{Equação 4.4}$$

De posse da massa de rejeitos e de sua densidade, obtém-se o volume afluyente de água livre, como apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Cálculo da água liberada pela polpa lançada

Variável	Valor (10 ⁶ ton/ano)
$M_{água\ retida}$	1,78
$M_{água\ total}$	80,38
$M_{água\ livre}$	78,61

- E_{REAL} : Vazão proveniente da evaporação do espelho de água da barragem. Para obtenção dos valores de evaporação total mensal a serem do balanço hídrico, foram utilizados os dados mensais da estação da MOSAIC. As normais mensais de evaporação estão apresentadas na Tabela 4.2.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 9/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

Tabela 4.2 – Evaporação Total Mensal Média Utilizada no Balanço Hídrico (fonte: WBH122-17-MOSC073-RTE-001, elaborado pela WALM em Julho de 2019)

Evaporação Total Mensal Média (mm) – Estação MOSAIC											
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
78,41	80,23	68,21	72,68	82,35	83,78	111,41	140,85	130,77	113,66	78,85	76,98

- $Q_{RESIDUAL}$: Vazão mínima a ser garantida a jusante do eixo da Barragem BR de 428 m³/h, baseado nos estudos de Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais, elaborado pela Hidrosistemas para a COPASA/MG em 1993. A metodologia de obtenção é apresentada no APÊNDICE deste documento;
- $Q_{CAPTADA}$: Vazão que será captada do reservatório da Barragem BR para a operação. A MOSAIC forneceu a variações de captação de água na Barragem BR ao longo do período de janeiro de 2018 à abril de 2020, como apresentado na Figura 4.1;

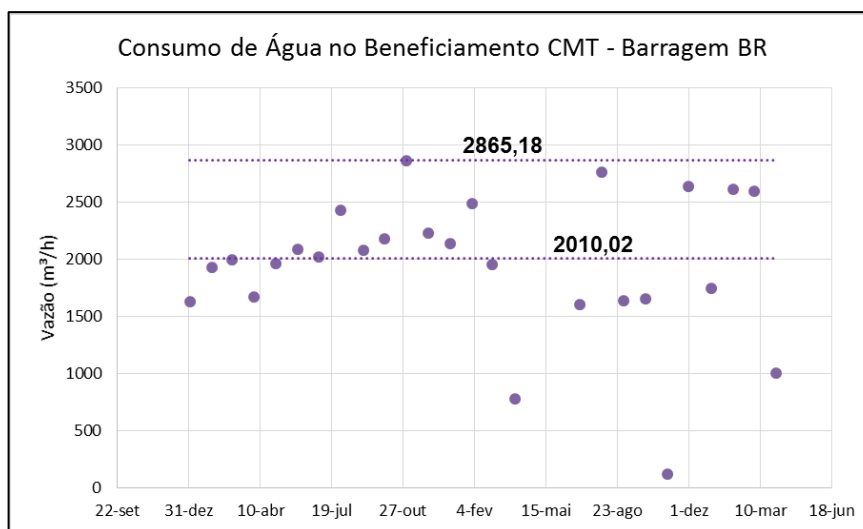


Figura 4.1 – Variação das captações de água na Barragem BR: **mediana de 2.010,02 m³/h e máxima de 2.865,18 m³/h.**

A seguir, na Figura 4.2, são apresentadas as variações da captação de água para a usina das outras duas estruturas no CMT, a Barragem BR e a Barragem BL1.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 10/32
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0
PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS			
RELATÓRIO TÉCNICO			

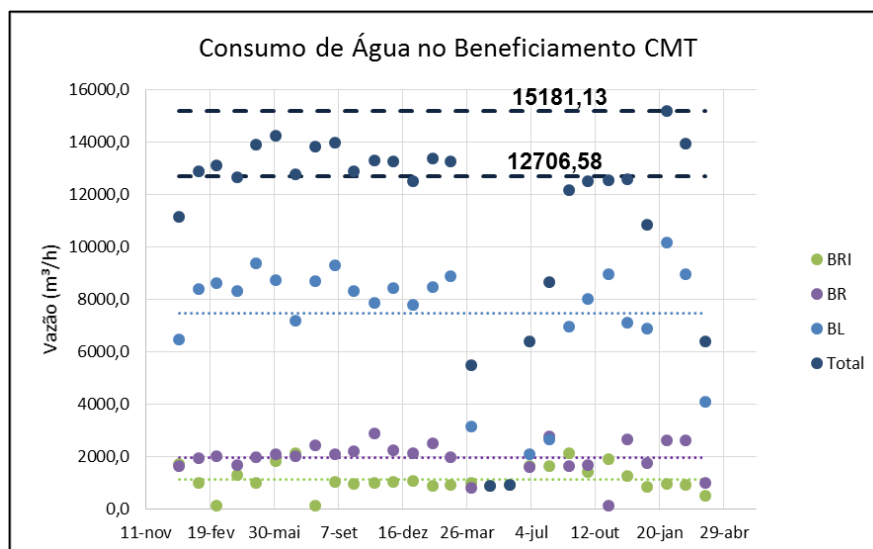


Figura 4.2 – Variação das captações nas barragens do CMT: **mediana de 12.706,58 m³/h e máxima de 15.181,13 m³/h.**

A MOSAIC solicitou que fosse avaliada a possibilidade de captação de todo o volume necessário à operação da usina no reservatório da Barragem BR, haja visto que a Barragem BL1 poderá ser descomissionada nos próximos anos. Dessa forma, foi avaliada a operação da barragem com a vazão máxima de captação após o início de disposição de rejeitos.

Portanto, considerou-se que a variação de vazões captadas deveria seguir o seguinte cronograma, apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Variação das captações de água na Barragem BR.

Início	Fim	Vazão Captada (m³/h)
1/10/2020	1/10/2027	3.000
1/10/2027	Vida Útil	15.000

Diante da impossibilidade de captação de tais vazões, elas serão diminuídas até valores que apresentem disponibilidade hídrica na simulação.

- $Q_{VERTIDA}$: Vazão vertida pelo sistema extravasor da barragem. Equivale a todo o volume afluente computado que não é comportado pelo reservatório, ou seja, o volume extra a cada Δt de simulação.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 11/32	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0	

4.2 SISTEMÁTICA DA SIMULAÇÃO

A simulação do balanço hídrico do reservatório da barragem de rejeitos, considerando as variáveis de entrada e saída de água apresentadas acima, foi realizada com o auxílio do programa computacional GoldSim.

O programa GoldSim é um ambiente gráfico especialmente elaborado para permitir a montagem de modelos de simulação de processos dinâmicos, com elementos especializados e pré-definidos para representar estruturas, como, por exemplo, barragens. O *software* foi desenvolvido pelo GoldSim Technology Group LCC, com o qual a DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos possui um termo de colaboração.

A capacidade do programa equipara-se a de um ambiente de programação, no qual se definem relações lógicas entre variáveis, mas de maneira gráfica, o que torna o ambiente de desenvolvimento bastante compreensível. Esta capacidade simplifica a compreensão da lógica e dos relacionamentos entre as variáveis modeladas, auxiliando decisivamente na demonstração e compreensão dos modelos desenvolvidos para terceiros.

A Figura 4.3 mostra a interface do ambiente gerado para a simulação da disposição de rejeitos na Barragem BR.

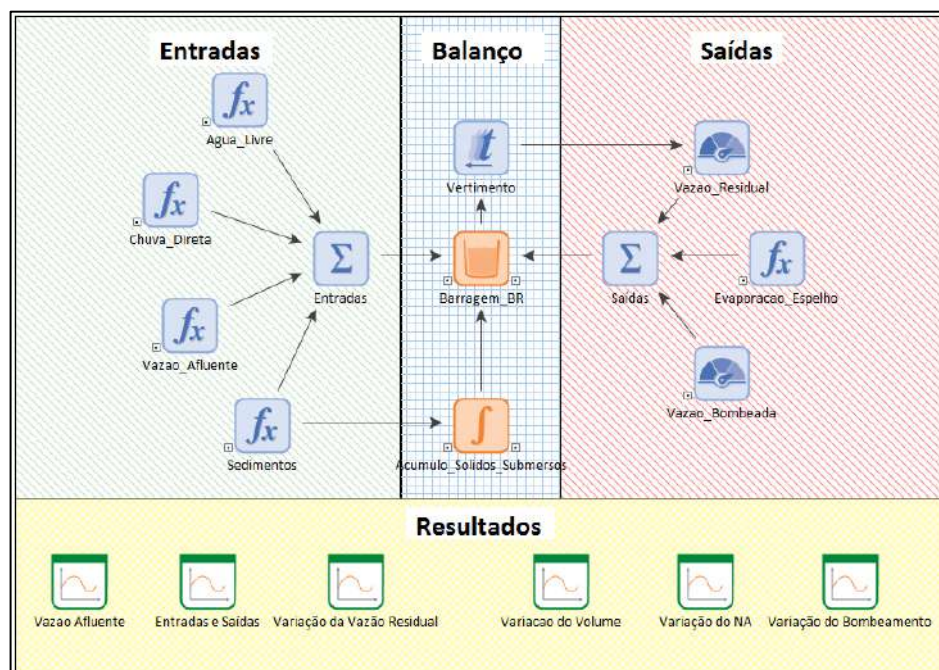


Figura 4.3 - Ambiente programável do software GoldSim para a Barragem BR

Sendo a variável Vazão Afluente a mais imprevisível do balanço hídrico, faz-se a sua variação por meio de simulação com o método de Monte Carlo, de forma a obter-se as Máximas, Medianas e Mínimas vazões afluentes esperadas.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 12/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

A utilização das variações da Vazão Afluente, permite a avaliação das ocorrências de maior e menor afluência de volumes ao reservatório segundo a série histórica utilizada. Conseqüentemente, resulta em variadas possibilidades de nível de água do reservatório, influenciando na possibilidade ou não de captação de água para restituição e reutilização além de influenciar a dinâmica da disposição de rejeitos.

5.0 PROJEÇÃO DO REJEITO NO RESERVATÓRIO

A fim de se compreender a sedimentação do rejeito no reservatório ao longo da operação da Barragem BR foi projetada uma superfície da praia de rejeitos esperada ao longo da ocupação do reservatório. Dessa forma, pode-se obter a evolução do rejeito no reservatório, com a variação da curva Cota-Área-Volume do reservatório de água ao longo da operação.

A seguir, é descrita a metodologia de obtenção da superfície e a definição dos cenários projetados para a operação da Barragem BR.

5.1 METODOLOGIA DA DISPOSIÇÃO

A sedimentação do rejeito no reservatório é função das características geotécnicas do material aliadas às condições hidráulicas do lançamento dos efluentes. Logo, a definição da formação de rejeitos da disposição passa pela caracterização do material a ser disposto.

A sedimentação do material se dá desde o ponto de lançamento até o fundo do lago formado pelo barramento. Assim, forma-se uma superfície de rejeitos emersa que vai desde o ponto de lançamento até o nível do lago existente, chamada praia de rejeitos. Após atingir a superfície o material tem uma deposição mais rápida, resultando em ângulos de repouso maiores. Os ângulos de deposição submerso e emerso desse rejeito são função das características do material.

Foram utilizados os *softwares* RIFT TD, desenvolvido pela Rift Software, e Civil 3D, desenvolvido pela AutoDesk para a montagem do modelo digital do terreno a partir da topografia e da batimetria fornecidas Na Figura 5.1 é apresentado um modelo digital da superfície de rejeito no reservatório obtido com o RIFT TD.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 13/32	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0	

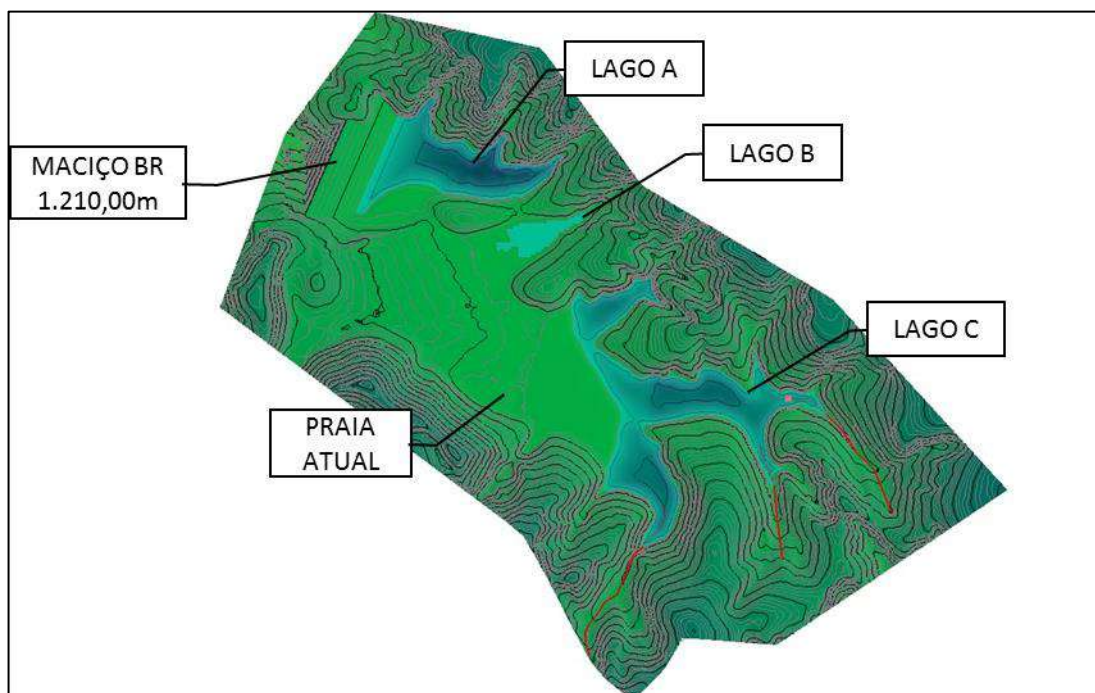


Figura 5.1 – Modelo digital de terreno já com o maciço na elevação 1.210,00 m, gerado através das topografias e batimetrias fornecidas no *software* RIFT TD

Para realizar a análise de disposição de rejeito no reservatório, utilizou-se dos ângulos de deposição do material da Barragem BL1, que atualmente recebe o material fino proveniente da operação da planta, como apresentado no documento DF18-258-1-EG-DWG-0003. Esse material passará a ser disposto no reservatório da Barragem BR, logo, assumiu-se que o comportamento do material se dará da mesma forma no reservatório da Barragem BR.

5.2 PONTO DE LANÇAMENTO DO REJEITO E PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

Foi implantado um canal para a condução dos efluentes dos processos da usina para o reservatório, chamado Canal de Lamas. O deságue do canal se dará no ponto de melhor aproveitamento volumétrico do reservatório como indicado no Projeto Conceitual de Disposição de Rejeitos no reservatório da Barragem BR (DF19-258-1-EG-RTE-0003).

A Figura 5.2 apresenta a localização do Canal de Lamas projetado.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 14/32	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0	

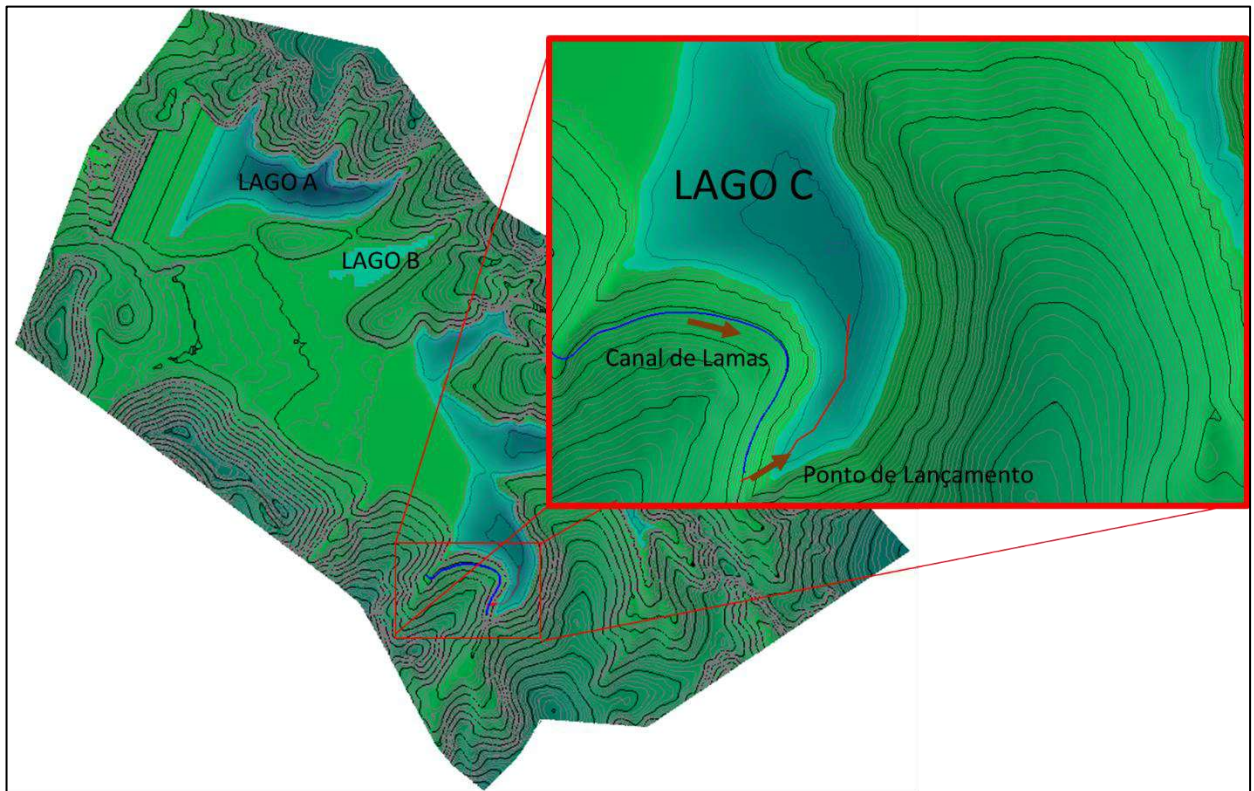


Figura 5.2 – Canal de Lamas (azul) e alinhamento da projeção do rejeito no reservatório (vermelho).

A superfície do rejeito depositado foi projetada a partir do ponto de saída do Canal de Lamas.

Haja visto que o ponto de lançamento encontra-se a montante do reservatório, foi considerada a captação da água do reservatório para a usina ocorrendo no Lago A, próximo ao maciço, como indicado na Figura 5.3. Esse ponto é apresentado nos estudos como “fundo do reservatório”, sendo que o bombeamento indicará falhas todas as vezes que o Nível de Água nessa região não apresentar profundidade suficiente par ao funcionamento da bomba.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 15/32	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0	

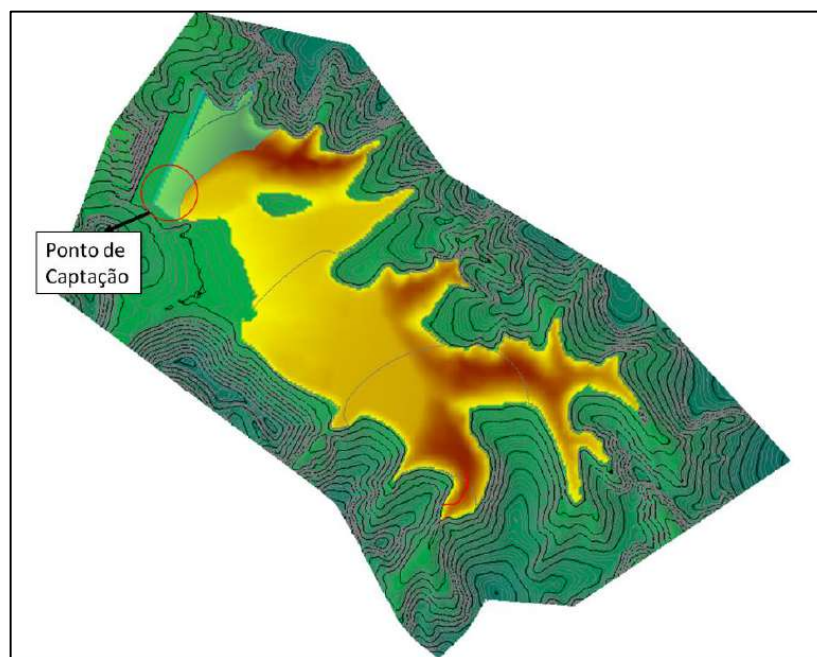


Figura 5.3 – Ponto de captação de água para a Usina com o reservatório já esgotado.

6.0 RESULTADOS OBTIDOS

A seguir são apresentados e avaliados os resultados obtidos para a projeção de rejeitos no reservatório e para o balanço hídrico durante os anos de operação da Barragem BR com a crista na elevação 1.210,00 m.

6.1 PRÉ-OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

Utilizando-se a sistemática do balanço hídrico apresentada, para a captação dos 3.000 m³/h durante o período de pré-operação obteve-se a seguinte variação de níveis de água na estrutura, apresentada na Figura 6.1.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 16/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

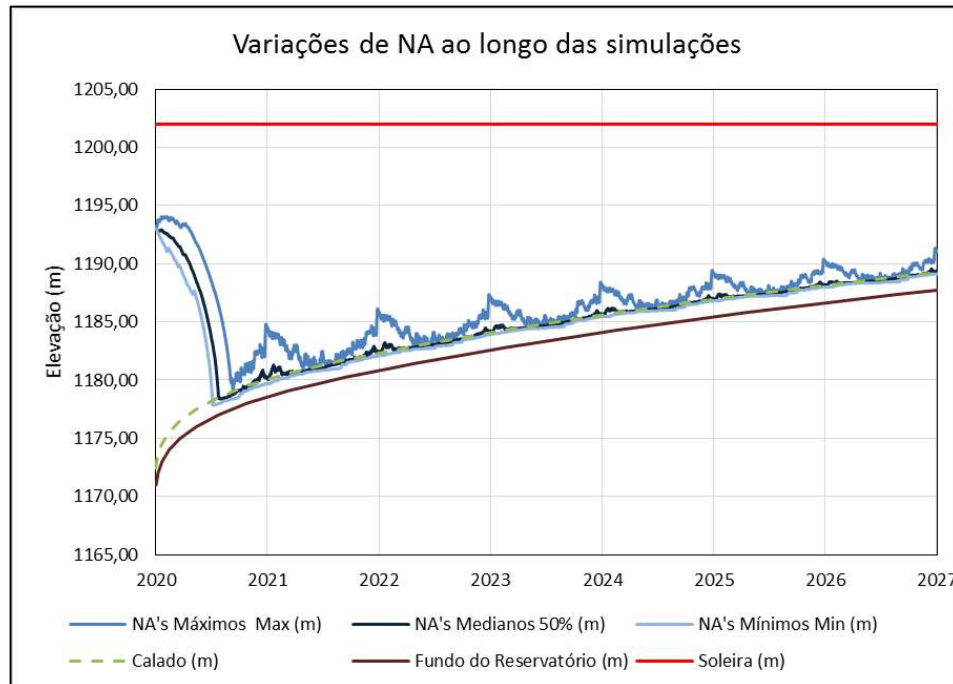


Figura 6.1 – Simulação da pré-operação do reservatório com a captação de **3.000 m³/h**

Nota-se que o reservatório, sem o lançamento da polpa da fase da operação, não apresenta capacidade de captação constante dos 3.000 m³/h requeridos para os meses de maior consumo. Portanto, verificou-se a possibilidade de captação 1.000 m³/h constantes ao longo de todo os sete anos de pré-operação, resultando na simulação apresentada na Figura 6.2.

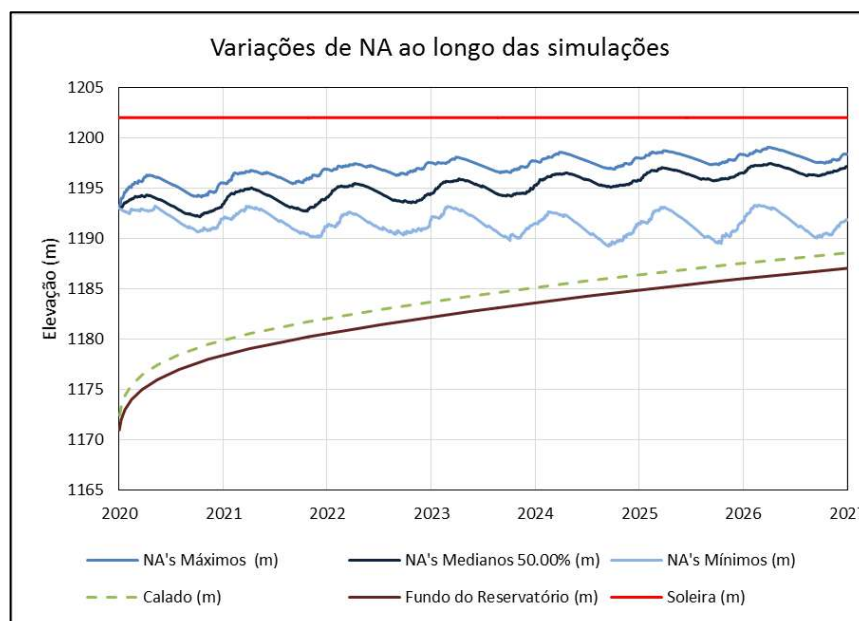


Figura 6.2 - Simulação da pré-operação do reservatório com a captação de **1.000 m³/h**

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 17/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

Logo, as simulações mostram que no período de pré-operação, a captação constante de uma vazão de 1.000 m³/h no reservatório se mostrou viável.

6.2 PROJEÇÃO DO REJEITO NO RESERVATÓRIO

Com a utilização dos dados e das simulações apresentadas, obteve-se as seguintes variações de volumes no reservatório ao longo dos anos simulados, apresentada na Figura 6.3. Foi utilizada a captação de 3.000 m³/h no cálculo dos volumes de ocupação do reservatório ao longo da operação.

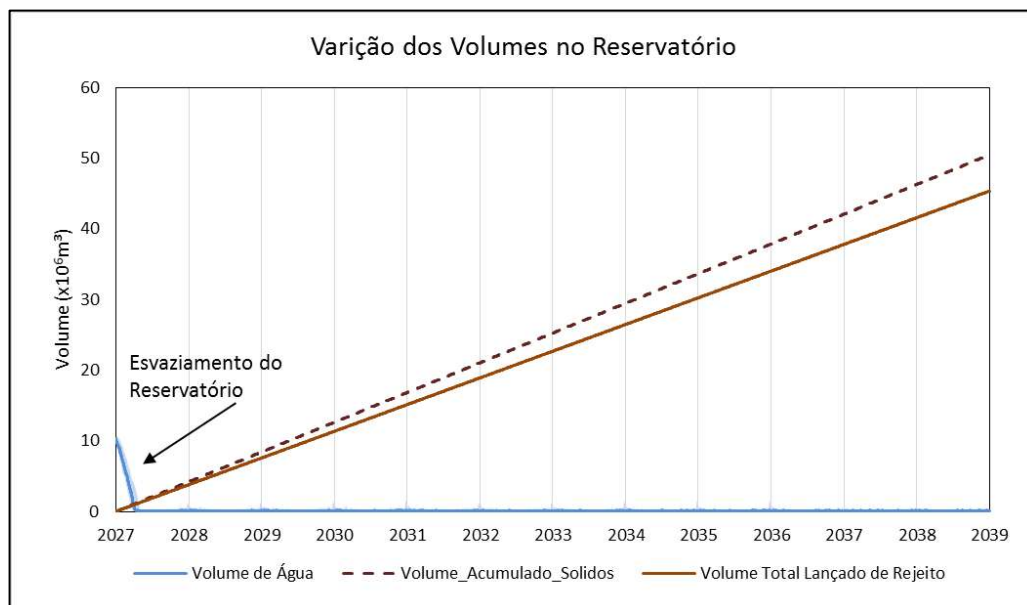


Figura 6.3 – Variações de volume ao longo da operação do reservatório com captação de **15.000 m³/h**

Nota-se que a captação de 15.000 m³/h constante se mostrou inviável ao longo de toda a operação do reservatório. Portanto, verificou-se a capacidade de captação de 9.000 m³/h para a operação do reservatório, apresentada na Figura 6.4.

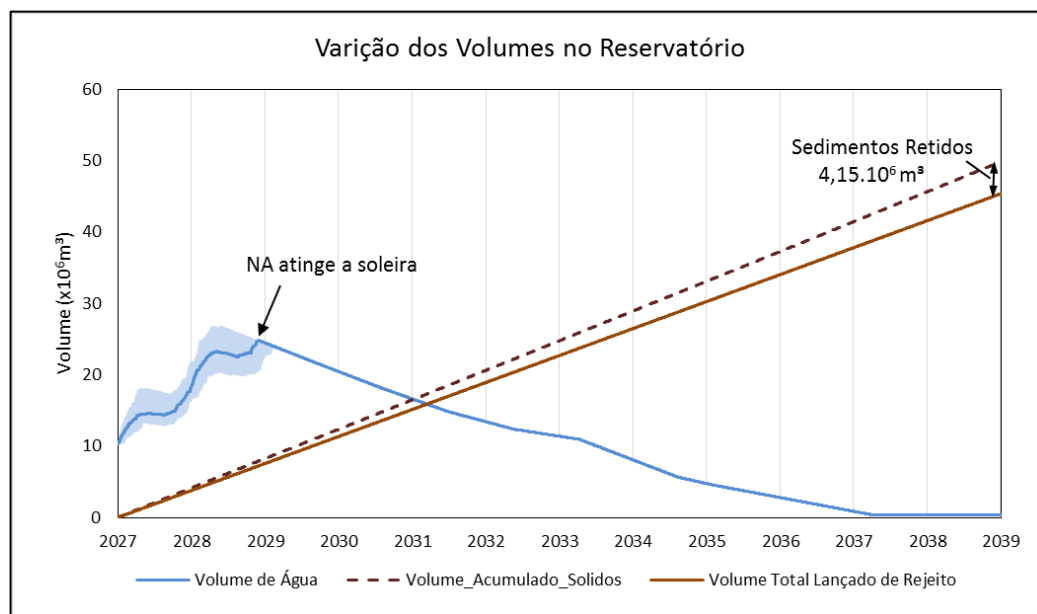


Figura 6.4 - Variações de volume ao longo da operação do reservatório com captação de **9.000 m³/h**

Portanto, adotou-se a captação de 9.000 m³/h constante para a projeção do rejeito no reservatório ao longo dos anos de operação.

A seguir, na Tabela 6.1, é apresentada a variação de Sólidos e Água no reservatório para o período de operação.

Tabela 6.1 – Variação de Sólidos Retidos na Barragem e Água ao longo do período de operação

Cenário	Data	Volume Sólidos (m ³)	Volume Água (m ³)
1	out-27	3.684.000,00	29.000.000,00
2	out-29	7.354.000,00	25.330.000,00
3	out-30	11.010.000,00	21.720.000,00
4	out-31	14.710.000,00	18.160.000,00
5	out-32	18.410.000,00	14.870.000,00
6	out-33	22.130.000,00	12.360.000,00
7	out-34	25.870.000,00	10.920.000,00
8	out-35	29.630.000,00	7.355.000,00
9	out-36	33.380.000,00	4.544.000,00

Com tal variação, projetou-se as superfícies do rejeito lançado ao longo dos 9 cenários apresentados. A variação temporal de cada cenário foi de um ano de operações, com exceção do cenário 10, no qual buscou-se exaurir o todo o reservatório com a disposição a partir do canal de lamias. Do documento DF19-263-1-EG-DWG-0002 até o documento DF19-263-1-EG-DWG-0011 são apresentados cada um dos 10 cenários de disposição projetados.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 19/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

O plano de disposição contemplou o início das operações em **Outubro de 2027** e foi até **Outubro de 2039**, dispendo **40, 32.10⁶ m³ de rejeito** e retendo **4,47.10⁶ m³ de sedimentos**. O cenário final é apresentado na Figura 6.5.

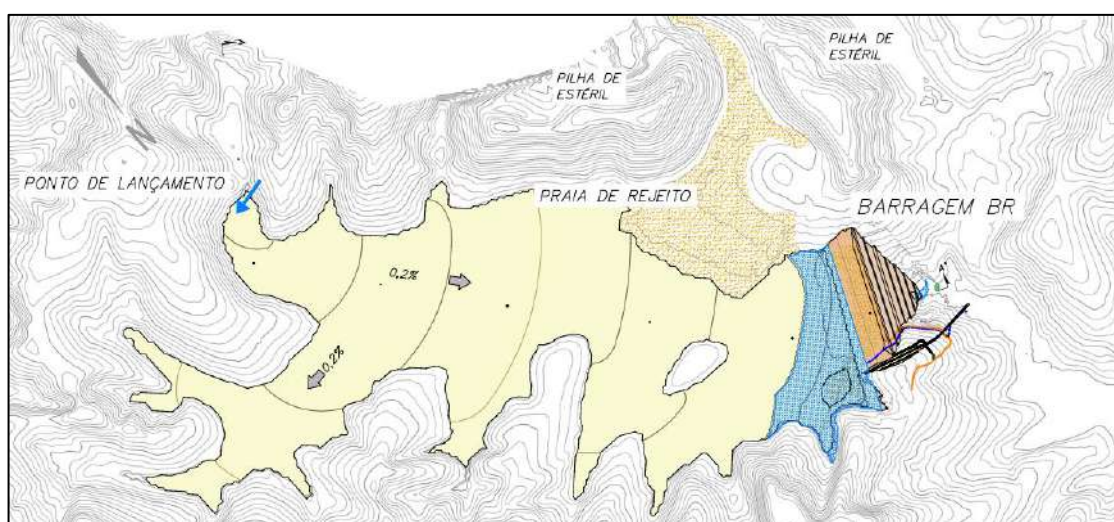


Figura 6.5 - Ocupação final do Reservatório da Barragem BR: 38,21.10⁶ m³ de rejeitos lançados e 0,39.10⁶ m³ de volume útil de água.

A seguir, na Tabela 6.2, são apresentadas as relações entre volume de rejeitos, sedimentos retidos e água ao longo da operação.

Tabela 6.2 – Variações de Volume de Rejeitos, Sedimentos e Água no Reservatório

Cenário	Volume de Sólidos (m ³)	Volume de Rejeito (m ³)	Volume de Sedimentos (m ³)	Volume Água (m ³)	NA (m)
1	3.683.953,27	3.342.082,41	341.870,86	28.683.021,65	1.201,91
2	7.354.231,33	6.687.202,55	667.028,78	24.521.301,73	1.201,77
3	11.010.926,38	10.017.740,82	993.185,56	20.579.023,33	1.201,66
4	14.703.570,36	13.378.778,67	1.324.791,69	16.599.241,08	1.201,50
5	18.405.198,12	16.741.368,21	1.663.829,91	13.531.354,59	1.201,49
6	22.129.624,09	20.109.189,41	2.020.434,68	11.643.876,32	1.201,62
7	25.881.073,02	23.481.897,55	2.399.175,47	10.893.036,33	1.201,93
8	31.453.253,65	28.496.647,80	2.956.605,84	5.497.516,96	1.201,90
9	33.389.033,96	30.213.736,83	3.175.297,13	4.471.232,82	1.201,94
10	42.363.471,43	38.211.851,23	4.151.620,20	389.736,42	1.202,00

6.3 BALANÇO HÍDRICO

A partir das premissas, critérios e metodologias apresentados, pôde-se obter o gráfico de evolução do Nível de Água do reservatório ao longo do período simulado, como apresentado na Figura 6.6.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 20/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

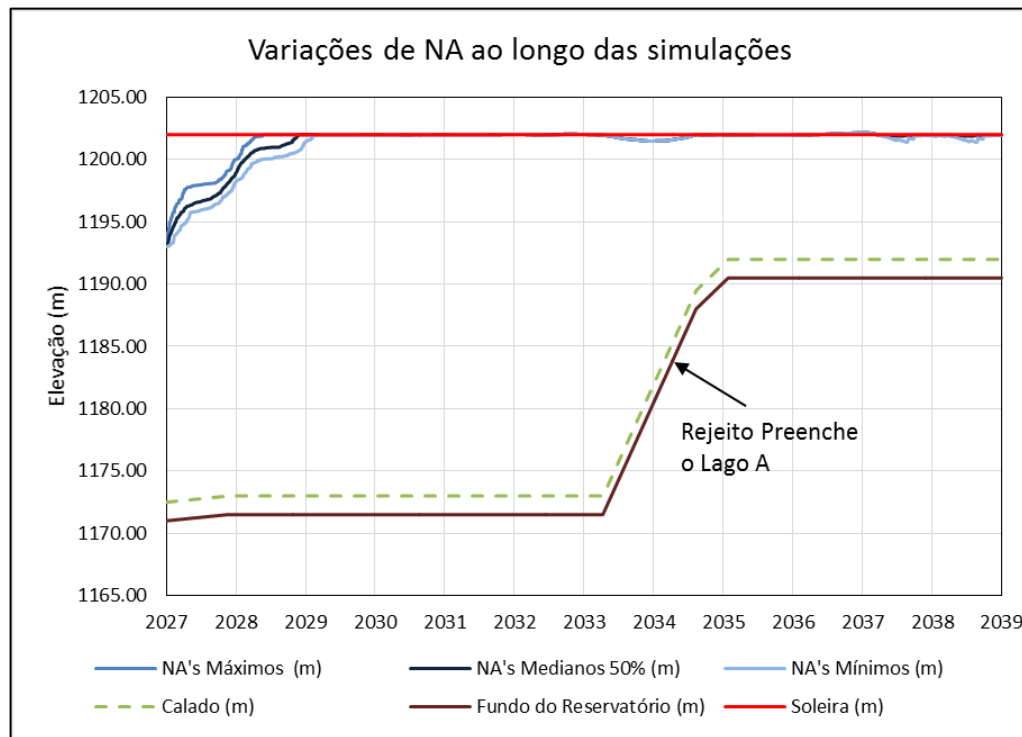


Figura 6.6 – Evolução do nível de água no reservatório ao longo de 12 anos de disposição de rejeitos

Quando o rejeito atinge o Lago A, local considerado para a captação de água, parte do reservatório passa a ser ocupada por rejeito, fazendo com que o fundo do reservatório se eleve.

O reservatório apresentou possibilidade de captação para a Usina dos 9.000 m³/h de maneira constante ao longo das simulações. Ao longo da simulação da operação verificou-se também a necessidade do bombeamento da vazão de 427,00 m³/h para a restituição a jusante do barramento. Todas as vezes que o vertimento pelo sistema extravasor indicou vazões superiores à 427,00 m³/h, o bombeamento da vazão de restituição foi desligado.

A Figura 6.7 mostra a frequência de operação do Bombeamento de Captação de água para a Usina e do Bombeamento da Vazão de Restituição do Córrego a jusante. Nota-se que não há necessidade de captação da vazão residual após o NA atingir a soleira do sistema extravasor. Isso se dá porque a vazão vertida pelo sistema extravasor se mostrou superior a vazão necessária de restituição a jusante. Observou-se que na maior parte do tempo não houve necessidade de captação da vazão de restituição.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

21/32

Nº DF+

DF19-263-1-EG-RTE-0002

REV.

0

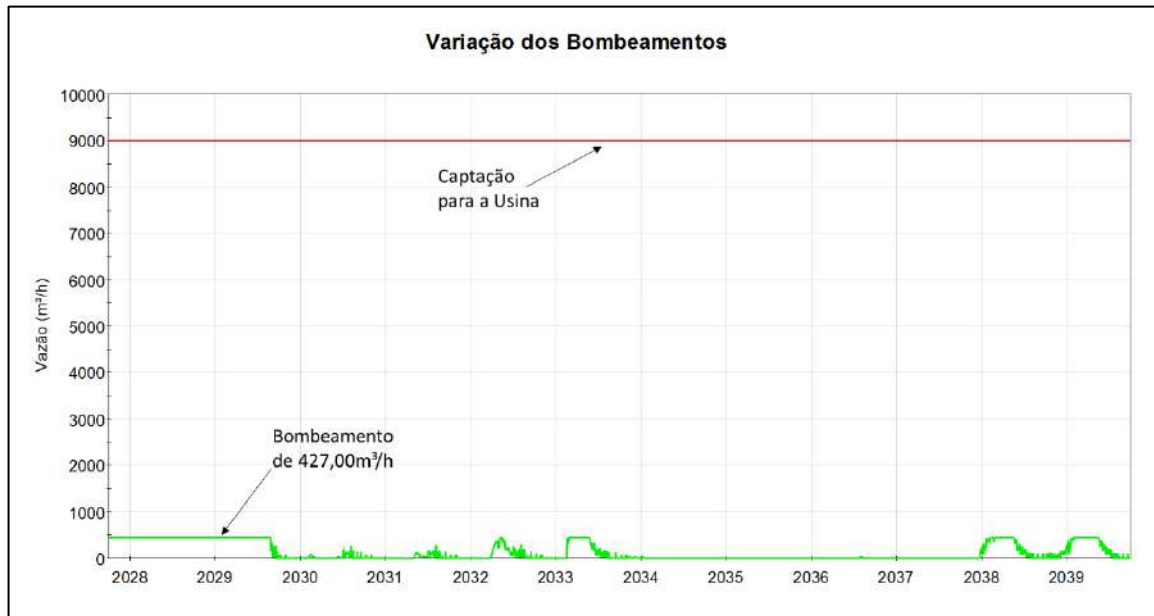


Figura 6.7 – Variação dos bombeamentos considerados na simulação

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 22/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

7.0 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Plano de Disposição de Rejeitos elaborado para a Barragem BR estudou vários cenários de disposição considerando o lançamento de rejeitos no Canal de Lamas em implantação no talvegue a montante do reservatório.

De posse dos resultados, observou-se que o reservatório comporta os $42,36.10^6$ m³ de sólidos afluentes ao reservatório ao longo de 12 anos de operação com lançamento de rejeitos (de out-2027 até out-2039). Desses $42,36.10^6$ m³, tem-se **38,21.10⁶ m³ de rejeitos adensados** e $4,15.10^6$ m³ de sedimentos provenientes do terreno no entorno da estrutura.

Foram realizadas duas análises frente ao bombeamento de água do reservatório para utilização na Usina: uma no período de pré-operação (2020-2027) e outra no período de operação (2027-2039). O reservatório não apresentou disponibilidade hídrica para o período de pré-operação para a **captação constante de 3.000 m³/h**. No período de pré-operação, mostrou-se possível a **captação constante de 1.000 m³/h**, valor obtido por meio de tentativas nas simulações.



Já para o período de operação da barragem para retenção de rejeitos, no qual tem-se uma afluência de água de aproximadamente 9.000 m³/h ($78,61.10^6$ ton/ano), a captação de **15.000 m³/h constantes mostrou-se inviável**, sendo indicado pela simulação o esvaziamento do reservatório no início da operação. Para a vazão de **9.000 m³/h de captação constante** o reservatório apresentou disponibilidade hídrica, não tendo problema na captação dessa vazão para a Usina.

Ressalta-se que **não foram exploradas regras de captação ou alternância nas captações** para otimizar-se a operação do reservatório.

Recomenda-se que seja feito monitoramento constante das variáveis utilizadas na disposição do rejeito no reservatório para validação da simulação. Dado que a taxa de geração de rejeitos pode variar ao longo do tempo devido a diferentes fatores, **a calibragem de uma simulação de disposição de rejeitos com dados medidos em campo, torna-se imprescindível para a validação desse estudo e melhor aproveitamento do reservatório.**

Dessa forma, sugere-se a medição *in loco* ao longo dos anos das seguintes variáveis:

- Controle diário da vazão da polpa de rejeitos lançada e seu teor de sólidos;
- Controle das características do rejeito após depositado (índice de vazios e densidade dos grãos);
- Precipitação diária dentro da área de drenagem da barragem;
- Vazão efluente do dreno interno do maciço da barragem;

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 23/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

- Variações do Nível de Água diários;
- Batimetria semestral ou anual do reservatório;
- Topografia semestral ou anual da praia de rejeitos;

De posse desses dados, pode-se alimentar o modelo aqui apresentado de simulação de disposição de rejeitos de forma a obter-se um maior controle do funcionamento do reservatório. Dessa forma, poder-se-á adotar as estratégias mais econômicas em função das diferentes variações dos fatores que envolvem o gerenciamento de uma barragem de contenção de rejeitos.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 24/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hidrosistemas. 1993. Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais. 1ª Edição, Hidrosistemas, Belo Horizonte/MG. 264p.

PINHEIRO, M.C. (2011). Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração. Editora ABRH, Porto Alegre, RS, 308 p.

TUCCI, C. E. M. Regionalização de Vazões. ABRH-EPUSP, 1ª edição, Porto Alegre, RS, 2002.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. ABRH-EPUSP, 1ª edição, Porto Alegre, RS 1993.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 25/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

9.0 APÊNDICE

Para a realização do Balanço Hídrico, mostra-se necessária uma série histórica de vazões afluentes ao reservatório. Devido à ausência de registros de dados fluviométricos no local de interesse, faz-se necessário um estudo de vazões em estações fluviométricas próximas.

A obtenção das vazões afluentes foi feita pela transformação da chuva em vazão, baseadas no coeficiente de escoamento superficial para a bacia. Portanto, foi definida uma estação pluviométrica com dados representativos para a área de interesse e foi feita uma transformação chuva-vazão com esses dados para obtenção de uma série histórica de vazões.

Os estudos foram baseados na obra apresentada pela HIDROSSIETMAS (1993) para a COPASA buscando-se apresentar os deflúvios superficiais no estado de Minas Gerais.

9.1 ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA ÁREA DE INTERESSE

Avaliando-se as estações pluviométricas próximas da área de interesse, observa-se que a estação mais próxima está no município de Tapira, utilizou-se da sua série histórica como representativa para a área de drenagem na simulação do balanço hídrico. As características das estações em estudo encontram-se na Tabela 9.1.

Tabela 9.1 – Estações próximas à Barragem BR analisadas para os estudos

Código	Nome	Município	Responsável	Período	Latitude	Longitude	Dist. (km)	El. (m)
1946011	Tapira	Tapira	ANA	1974-2019	S 19°55'37.00"	W 46°49'31.00"	7,85	-
2047042	Usina São Joaquim	São Joaquim da Barra	DAEE-SP	1931-1971	S 20° 0'0.00	W 47° 0'0.00	24,52	600,0
1946019	Argenita	Ibiá	ANA	2000-2019	S 19°40'30.00	W 46°40'58.00	24,76	950,0
2047037	Desemboque	Sacramento	ANA	1971-2019	S 20° 0'49.00"	W 47° 1'9.00"	27,11	960,0
1946001	Barreiro do Araxá (INMET)	Araxá	ANA	1941-1943	S 19°36'0.00"	W 46°53'60.00"	29,55	975,0
1946002	Araxá (INMET)	Araxá	ANA	1941-1978	S 19°34'60.00"	W 46°53'60.00"	31,43	950,0
1947025	Itaipu	Araxá	ANA	2000-2019	S 19°36'1.00"	W 47°12'32.00"	49,55	-

Devido à distância e à grande quantidade de dados apresentados, foi selecionada a estação Tapira (1946011) para a realização do estudo de vazões afluentes ao reservatório. A Figura 9.1 apresenta as estações utilizadas.

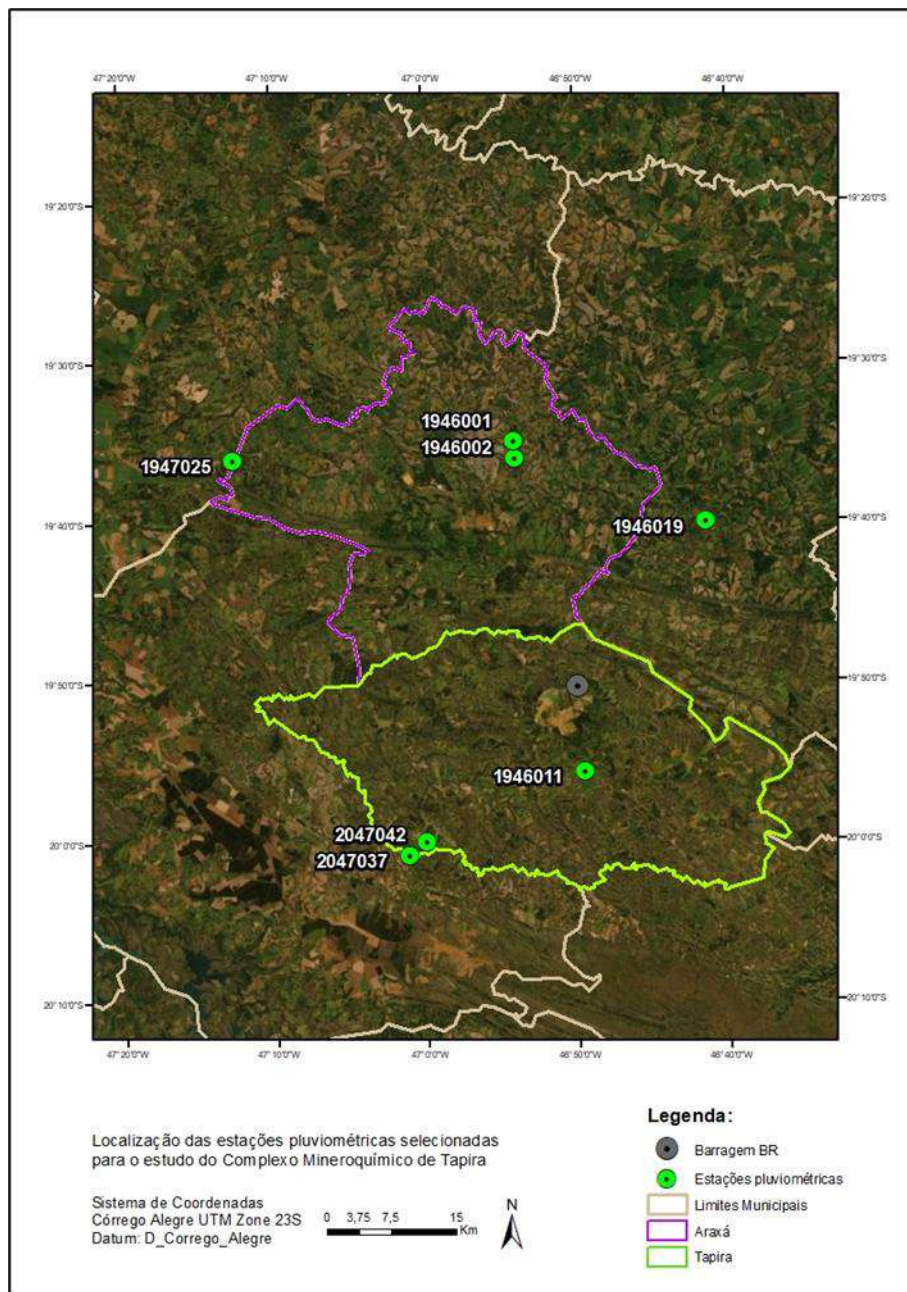


Figura 9.1 – Estações no entorno da Barragem BR analisadas para composição da série histórica utilizada no Balanço Hídrico.

9.2 TRANSFORMAÇÃO CHUVA-VAZÃO

O tratamento das precipitações consistiu na obtenção das precipitações diárias ao longo de todos os anos observados na estação. Utilizou-se como critério para a exclusão de anos de registro qualquer ano que apresentasse um período de 7 dias seguidos ou mais sem a

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 27/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

presença de dados. Dessa forma, dos 42 anos de dados disponíveis, foram utilizados 34 anos de dados, haja visto que 9 anos apresentaram falhas.

De posse dos dados tratados, obteve-se a vazão correspondente a cada um dos meses restantes pela razão do produto entre a precipitação diária medida, o coeficiente de escoamento superficial obtido, além da área de drenagem da bacia e o período de tempo de um dia. O resumo do cálculo e apresentado a seguir, na Equação 9.1.

$$Q_n = \frac{P_{diária} \cdot C_{runoff} \cdot A}{\Delta t} \quad \text{Equação 9.1}$$

Em que,

- Q_n denota vazão afluyente relativa à precipitação do dia n (m^3/s);
- $P_{diária}$ denota precipitação do dia n (m);
- C_{runoff} denota coeficiente de escoamento superficial;
- A denota área de drenagem da bacia (m^2);
- Δt denota tempo decorrido em um dia (s).

A série de precipitações utilizada para a obtenção das vazões pelo software estão apresentadas na Figura 9.2 a seguir.

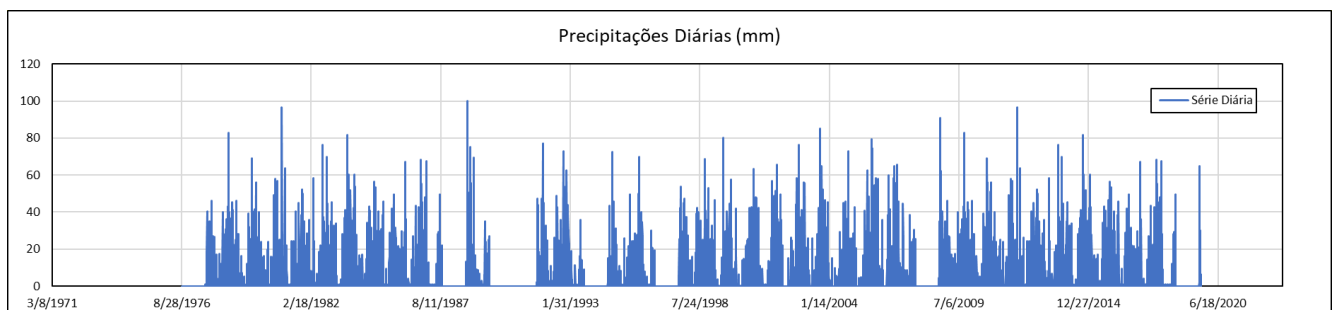


Figura 9.2 – Série pluviométrica diária de precipitações da estação 1946011

Para determinar o coeficiente de escoamento superficial, utilizou-se dos estudos apresentados em HIDROSSITEMAS (1993). Os estudos apresentam o rendimento específico médio de longo termo para todo o estado de Minas Gerais.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 28/32	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0	

O Rendimento Específico Médio de Longo Termo representa a capacidade de geração de escoamento em função da área de drenagem. Ele é expresso pela razão entre a vazão média de longo termo em um determinado local e sua área de drenagem.

O estudo da HIDROSSISTEMAS (1993) consistiu na avaliação de dados de estações fluviométricas disponíveis e a classificação de todo o estado de Minas Gerais quanto às razões entre as vazões médias de longo termo e a área de drenagem de cada estação. Dessa maneira foi gerado um mapa de rendimentos específicos para todo o estado.

O mapa rendimento específico médio é apresentado na Figura 9.3, com destaque para a localização da Barragem BR. A barragem localiza-se na linha de rendimento específico médio de 27,5 l/(s.km²).

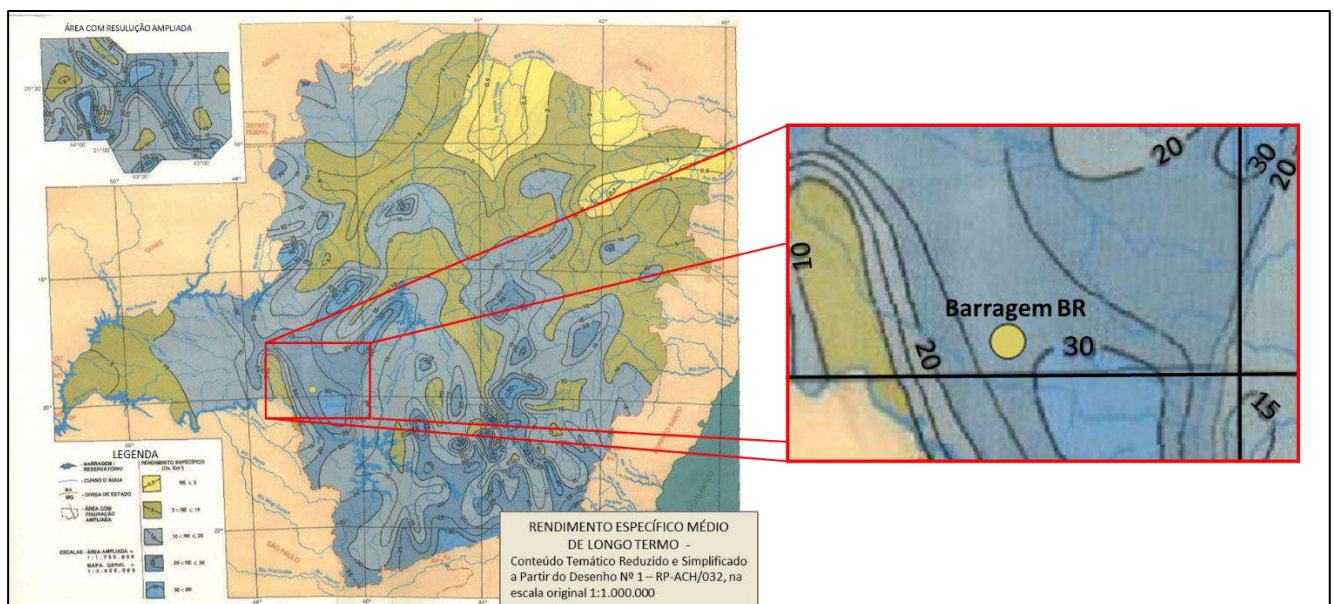


Figura 9.3 - Rendimento Específico Médio de Longo Termo para a área da Barragem BR
Fonte: Adaptado de Hidrossistemas, 1993.

Logo, a vazão média de longo termo, em m³/h, pode ser calculado como apresentado na Tabela 9.3.

Tabela 9.2 - Cálculo da vazão de restituição

Área de Drenagem (km ²)	Rendimento Médio de Longo Termo (l/(s.km ²))	Vazão Mínima (l/s)	Vazão Média de Longo Termo Considerada (m ³ /h)
14,86	27,50	408,65	1.471,14

Para a geração da série de vazões, considerou-se que a vazão média da série de vazões afluente ao reservatório deveria resultar na vazão média de longo termo esperada para a Barragem BR. Logo, utilizando-se da Equação 9.1 e a série de precipitações apresentada na

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 29/32	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0	

Figura 9.3, variou-se o valor de C_{runoff} para a obtenção de uma série de vazões com média igual a Vazão Média de Longo Termo calculada. O valor do coeficiente resultante foi de 0,39 e a série de precipitações e vazões utilizadas na simulação são apresentadas na Figura 9.4.

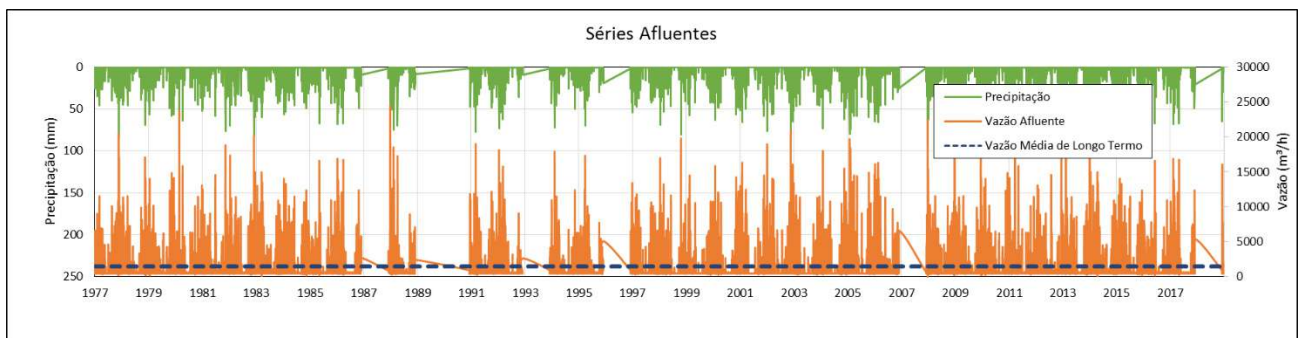


Figura 9.4 – Série de vazões e precipitações afluentes ao reservatório utilizada na simulação

9.3 VAZÃO RESIDUAL DA BARRAGEM

A partir da obra apresentada pela HIDROSSISTEMAS (1993), tem-se as vazões mínimas específicas para recorrências de 10 anos para todo o estado de Minas Gerais. A partir do mapa de distribuição de vazões específicas, apresentado em $l/(s.km^2)$, apresentado na Tabela 9.3, nota-se que a Barragem BR localiza-se na região de $8,0 l/(s.km^2)$.

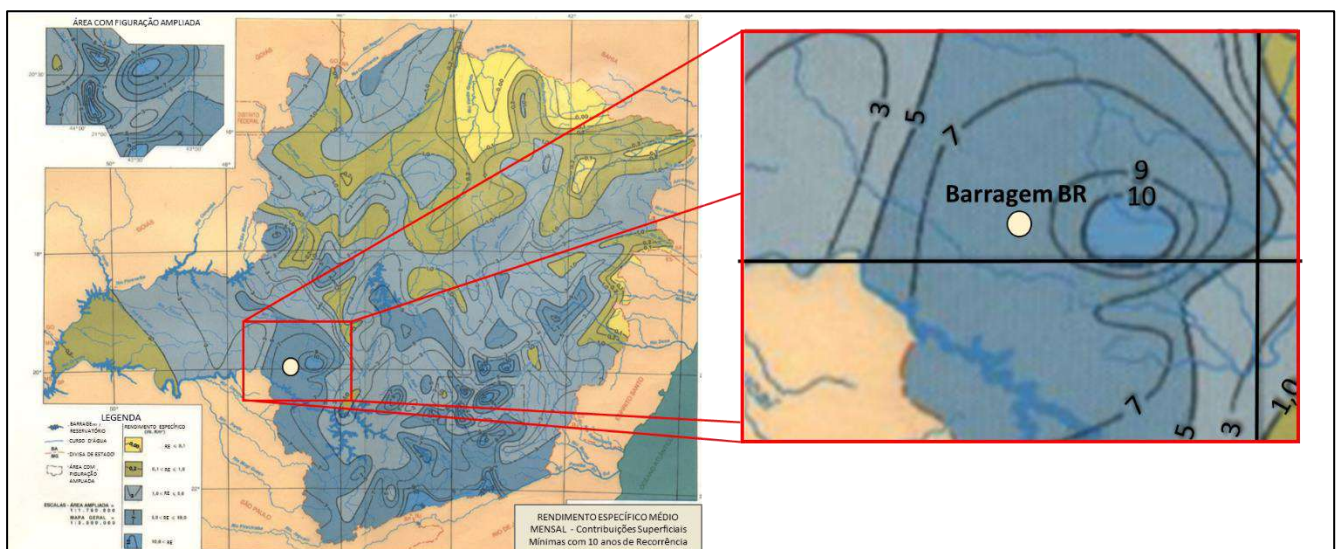


Figura 9.5 – Rendimento específico mínimo com recorrência de 10 anos na área de estudos da Barragem BR
 Fonte: Adaptado de Hidrossistemas, 1993.

Logo, o bombeamento de restituição necessário, em m^3/h , pode ser calculado como apresentado na Tabela 9.3.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 30/32	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0	

Tabela 9.3 - Cálculo da vazão de restituição

Área de Drenagem (km ²)	Rendimento Mínimo (l/(s.km ²))	Vazão Mínima (l/s)	Vazão Mínima de Restituição Considerada (m ³ /h)
14,86	8,00	118,88	427,00

9.4 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Foi feita uma caracterização da bacia de contribuição da Barragem BR com base no uso e ocupação do solo, como mostrado na Figura 9.6. A fim de se comparar o valor obtido com os valores da literatura, Os coeficientes utilizados para cada tipo de solo são apresentados na Tabela 9.4, baseados nos valores apresentados por Pinheiro (2011) para utilização no Método Racional de dimensionamento de vazões.

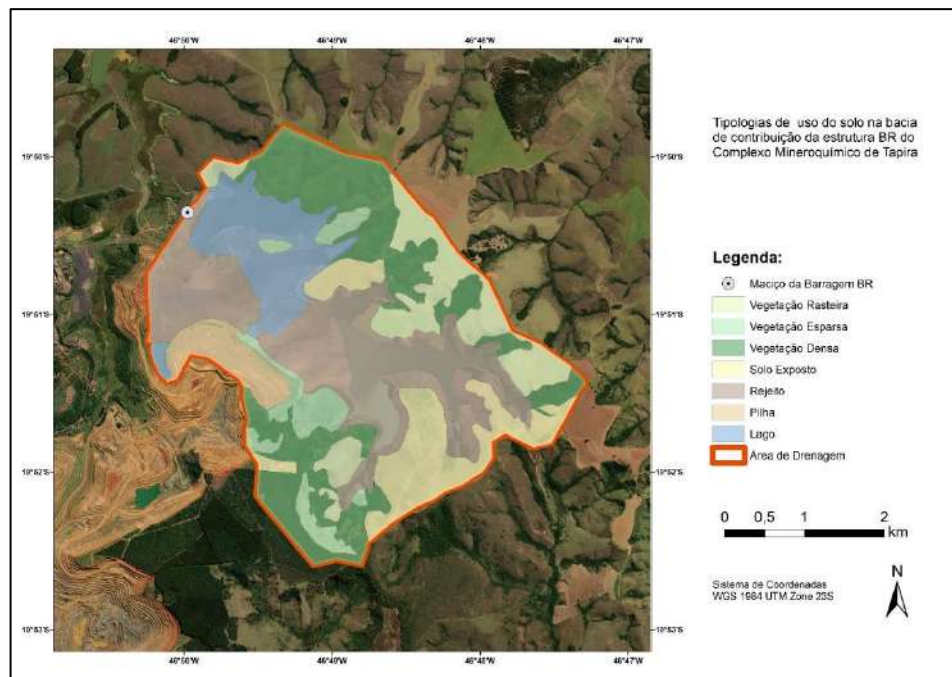


Figura 9.6 - Tipologias de Uso e Ocupação do Solo utilizadas na composição do coeficiente de escoamento superficial

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 31/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

Tabela 9.4 – Ponderação dos coeficientes de Uso e Ocupação do Solo na composição do coeficiente de escoamento superficial

TIPO DE USO DO SOLO	C r.off	Áreas(m ²)	C*Áreas
Pilha	0.40	637919,00	255167,60
Rejeito	0,40	3483727,00	1393490,80
Solo exposto	0,52	2480840,00	1290036,80
Vegetação densa	0,12	3142807,00	377136,84
Vegetação esparsa	0,38	1375554,00	515832,75
Vegetação rasteira	0,40	1972269,00	788907,60
Espelho de água	1,00	1762993,00	1762993,00
C ponderado		(ΣC*Áreas)/(ΣÁreas)	0,43


Nota-se que utilizando-se os coeficientes de escoamento superficial apresentado na literatura para o cálculo do coeficiente ponderado da bacia de contribuição da Barragem BR, tem-se um valor próximo do obtido pela metodologia apresentada anteriormente.

9.5 TAXA DE GERAÇÃO DE SEDIMENTOS

Através das áreas apresentadas na Figura 9.6 pôde-se compor as taxas de assoreamento do reservatório pela geração de sedimentos oriundos da bacia de contribuição. Para sua composição, utilizou-se como base o valor de 600 m³/(ha.ano), apresentado em Pinheiro (2011) para áreas de mineração intensa, como apresentado na Tabela 9.5.

Tabela 9.5 – Composição da Taxa de Assoreamento do reservatório a partir dos tipos de uso e ocupação do solo considerados para a bacia

TIPO DE USO DO SOLO	Taxa [m ³ /(ha.ano)]	Áreas (ha)	T*Áreas (ha)
Cava, Solo Exposto	600	248,084	148850,4
Pilha, urban., campo sujo e pastagem	300	398,5742	119572,26
Vegetação densa	30	314,2807	9428,421
Lago	0	0	0
Taxa ponderada	(ΣT*Áreas)/(ΣÁreas)		289,15

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 32/32
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0002	REV. 0

10.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO	
Razão social: DF + ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HIDRICOS CNPJ: 07.214.006/0001-00	http: www.dfmais.eng.br
<i>Belo Horizonte / MG - dfmais@dfmais.com.br - Av. Barão Homem de Melo, 4554, 5º Andar - 30 494 270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001</i>	

EQUIPE TÉCNICA DA DF+		
ESTA EQUIPE PARTICIPOU DA ELABORAÇÃO DESTE DOCUMENTO E RESPONSABILIZA-SE TECNICAMENTE POR SUAS RESPECTIVAS ÁREAS		
TÉCNICO	ÁREA DE ATUAÇÃO	RESPONSABILIDADE
Thiago Oliveira	Geotecnia	Coordenação e Revisão
Júnio Fagundes	Geotecnia	Revisão do documento
Marcus Cruz	Recursos Hídricos	Revisão do documento
Múcio Correa	Recursos Hídricos	Elaboração dos Estudos e do Relatório



Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar

Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270

Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002

www.dfmais.eng.br



**PROJETO DETALHADO DE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL
1210 m**

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA


2/144

Nº DF+

DF19-263-1-EG-RTE-0005


REV.

1

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 3/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

SUMÁRIO

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	4
2.0	OBJETIVO	5
3.0	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	5
4.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	18
5.0	CÓDIGOS E NORMAS	21
6.0	PREMISSAS E CRITÉRIOS	22
7.0	ESTUDOS GEOLÓGICOS	22
8.0	INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS	31
9.0	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	42
10.0	ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	58
11.0	ALTEAMENTO PARA A ELEVAÇÃO 1210 M	95
12.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
13.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
14.0	EQUIPE TÉCNICA	144
	APÊNDICES	145
	ANEXOS	146

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 4/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

1.0 INTRODUÇÃO

A DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos foi contratada pela MOSAIC Fertilizantes para elaborar o Projeto Detalhado de Alteamento da Barragem BR. Esta estrutura encontra-se localizada no município de Tapira, estado de Minas Gerais, a aproximadamente 415 km da capital mineira, podendo o acesso ser feito pela rodovia BR-146.

O presente relatório, apresenta o alteamento da Barragem BR, em nível detalhado, para a elevação 1210 m. O método executivo adotado foi o de linha de centro, com o uso de rejeito de magnetita compactada com controle de compactação, carregada do pátio de deposição para composição do paramento de jusante. Para manutenção da praia, foi considerado o lançamento de rejeitos de flotação, a partir da crista da estrutura, de forma espigotada.

Juntamente ao projeto detalhado de alteamento, foi elaborado também o plano de disposição de rejeitos e o dimensionamento e elaboração do projeto executivo do canal de lamas.



O plano de disposição de rejeitos foi elaborado de forma a considerar a máxima ocupação volumétrica do reservatório, através de um ponto de lançamento de rejeitos ultrafinos mais lamas no reservatório e a variação de ocupação do reservatório a cada ano, considerando um horizonte total de 10 anos. Os rejeitos ultrafinos mais lamas serão conduzidos através de rejeitodutos a partir da planta de concentração até o canal de lamas, onde os mesmos serão transportados de forma gravitacional até o ponto de lançamento escolhido. Este estudo encontra-se apresentado no relatório DF19-263-1-EG-RTE-0002.

O canal de lamas foi projetado levando em consideração o dimensionamento hidráulico seguro, a compatibilização com o plano de disposição, as premissas da Mosaic em relação à geometria do mesmo e ainda a elaboração de acesso com vista a permitir a manutenção do canal.

Inicialmente, as premissas do projeto acordadas entre a DF+ e à Mosaic previa que toda a geometria do maciço seria elaborada de forma a atender a condição de fator de segurança mínimo (F.S. mín) de 1,5 para a condição não drenada, considerando a resistência ao cisalhamento de pico.

No entanto, diante da resolução nº 32, de 11 de maio de 2020 que altera a portaria ANM 70.389, mais especificamente em seus artigos 5º e 6º, e visando a mitigação do modo de falha por liquefação da BR, a DF+ foi contratada pela Mosaic com a finalidade de elaborar o projeto de alteamento com o intuito de mitigar o modo de falha por liquefação.

Com isso, tornou-se necessário o dimensionamento e elaboração de novo maciço, tendo este relatório o intuito de apresentar os novos estudos que subsidiaram a definição da nova geometria a partir desta nova premissa, além de apresentar o projeto proposto.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 5/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

2.0 OBJETIVO

Apresentar o projeto de alteamento da Barragem BR para a elevação 1210,0 m com a premissa de mitigação do modo de falha por liquefação, além dos estudos geológicos, hidrológicos e geotécnicos que subsidiaram a definição do mesmo.

3.0 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

3.1 HISTÓRICO

A Barragem BR foi concebida com a finalidade de contenção de rejeitos. O seu reservatório ocupa uma parcela considerável da área de drenagem da bacia, estando seccionado ao meio pelos rejeitos lançados na sua ombreira esquerda.

O projeto inicial do dique de partida e do primeiro alteamento foram elaborados pela Paulo Abib Engenharia, em 1982, atingindo a elevação de 1.180 m.

Segundo o relatório “Sistemas de Deposição de Rejeitos – Relatório” a respeito do Projeto inicial da Barragem BR, de número 000-511-008, elaborado pela Paulo Abib Engenharia, a Barragem BR está localizada no Córrego Boa Vista. Sua ombreira esquerda caracteriza-se por baixas declividades – de 8 a 10°, enquanto a direita apresenta topografia relativamente irregular, com declividades de até 45°.

O mesmo documento relata que a ombreira esquerda era recoberta por uma camada de argila coluvionar de 1 m pode variar a pouco mais de 3 m de espessura, no entanto a abertura de trincheira para implantação do extravasor, em sua etapa inicial, acabou por praticamente eliminar o solo coluvionar da área sob o dique inicial de argila.

Subjacente ao colúvio, existe o solo residual de Filito. O mesmo relatório relata que a capacidade de suporte deste material era considerada adequada ao apoio do dique inicial e maciço principal.

Na zona do canal do córrego, o grande problema era a ocorrência de aluviões argilosos de baixa consistência, cuja remoção era indispensável, tanto sob o dique inicial, como sob o maciço principal. Sua espessura chegava a atingir 8 m na margem esquerda.

Na ombreira direita, o solo residual tendia a aflorar. No relatório, foi relatada a preocupação com a existência de uma intercalação de quartzito de direção perpendicular ao eixo da barragem, de elevado coeficiente de permeabilidade em torno de 10^{-3} a 10^{-2} cm/s.

Quanto ao dique inicial, relatou-se que o solo coluvionar existente na ombreira esquerda foi selecionado para a execução do mesmo, face à sua boa compactabilidade e propriedades mecânicas.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
		Nº MOSAIC -	PÁGINA 6/144
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Ainda com relação ao dique inicial, o documento informa que a elevação 1.160 m foi escolhida para a crista do dique, tendo em vista propiciar um dimensionamento econômico do sistema extravasor. O material escolhido foi argila vermelha coluvionar, disponível localmente. A jusante do eixo, como material de preenchimento da escavação para limpeza de fundações, previu-se o emprego de magnetita proveniente da usina industrial. Segundo o relatório, tratava-se de um material permeável da ordem de 10^{-3} cm/s e disponível a distância razoável da barragem. Este material foi estendido a jusante em todo o preparo de fundações, a fim de facilitar os trabalhos de alteamento.

É informado que foram projetados tapetes filtrantes de pedra britada, visando o alteamento da barragem até a cota 1.180,0 m. A fim de se evitar a colmatagem dos vazios da brita por partículas finas de solo local e magnetita a ser empregada no alteamento, foram projetadas transições granulométricas de pedrisco e areia, e mantas filtrantes de geotêxtil.

Para o alteamento, foi empregada a opção pelo método de linha de centro, onde no maciço de jusante, empregaria magnetita ciclônada no corpo da barragem, enquanto à montante seriam lançados rejeitos de flotação hidraulicamente a partir da crista, por meio de “spigots”.

A Figura 3-1 apresenta uma imagem da seção principal utilizada na execução das análises de estabilidade e os parâmetros utilizados à época, enquanto na Figura 3-2 está apresentado o detalhamento da seção principal.

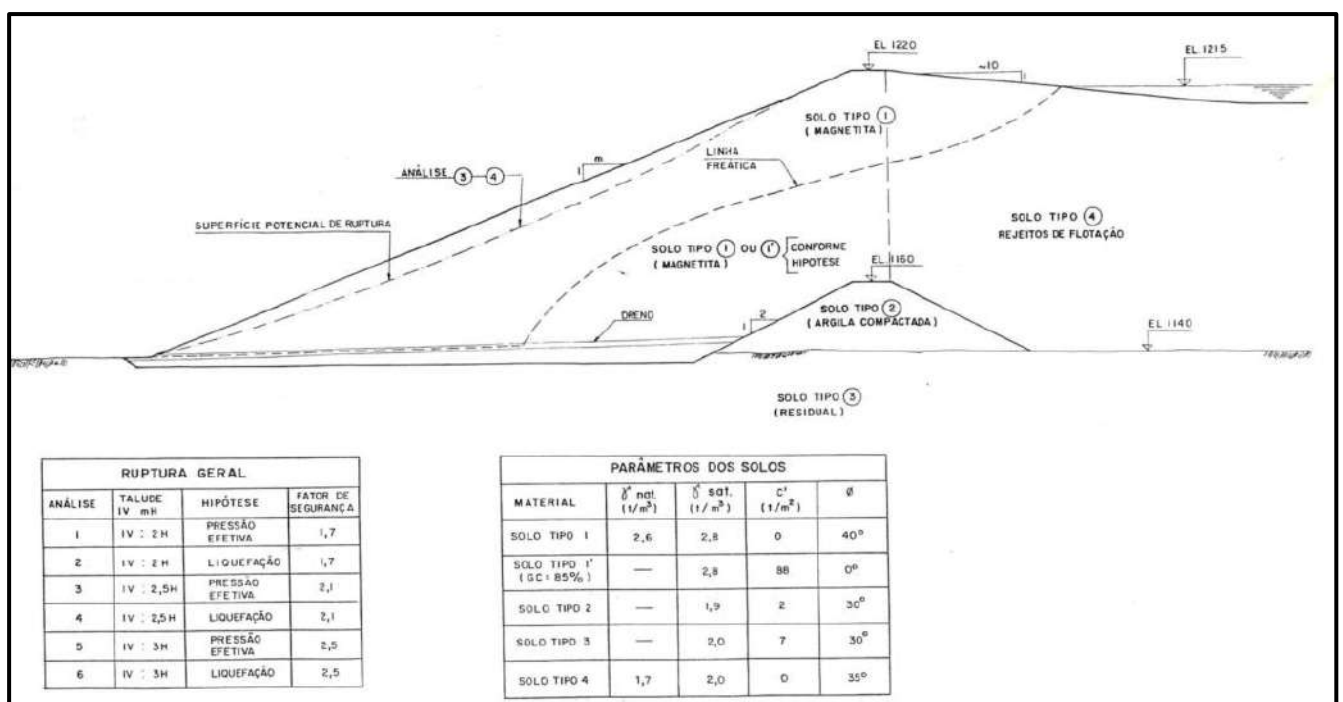


Figura 3-1 – Seção principal e resultados das análises de estabilidade (Paulo Abib, 1983)

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 7/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

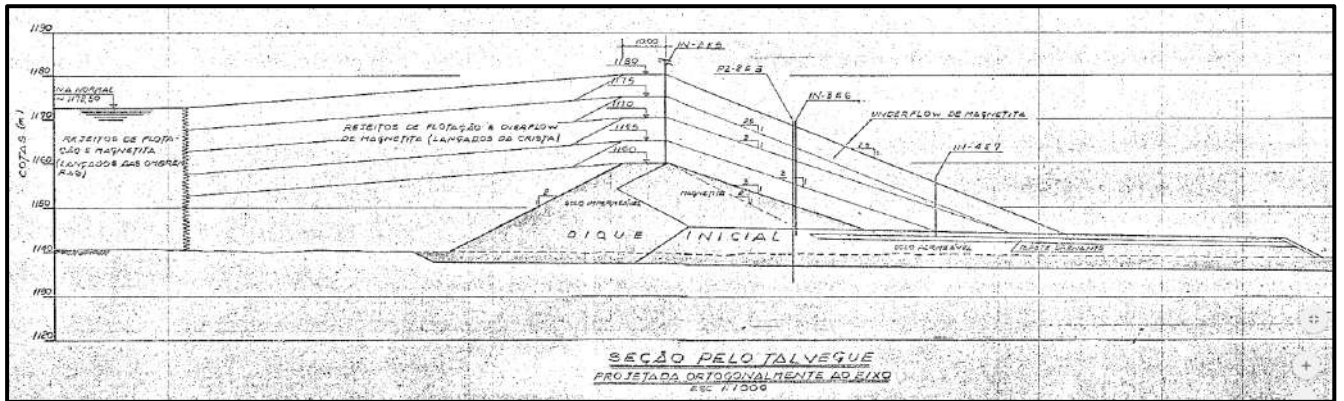


Figura 3-2 – Detalhamento da seção principal (Paulo Abib, 1983)

De acordo com o Relatório Técnico “As Is”, elaborado pela Walm em 2019 (WBH122-17-MOSC041-RTE-0017), à medida que o reservatório passou a ser ocupado, foram observadas movimentações na galeria extravasora, ocasionadas possivelmente pelas condições adversas da sua fundação e agravadas pelo período chuvoso durante sua construção.

O último alteamento realizado corou a crista na elevação 1.200 m, com projeto elaborado pela Leme Engenharia, em 1998. Não foram encontrados documentos sobre os projetos deste alteamento. A Figura 3-3 apresenta uma imagem obtida pela Google Earth em maio de 2018, onde está apresentada a situação na barragem àquela época.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

8/144

Nº DF+

DF19-263-1-EG-RTE-0005

REV.

1

Figura 3-3 - Barragem BR - Elevação 1.200,0 m (Fonte: Google earth, 2018)

A Geocontrole elaborou em 2017 o projeto detalhado para altear a Barragem BR até a elevação 1.205 m, porém a obra não foi executada. Ainda assim, muitas informações levantadas até o momento vêm sendo utilizadas do mesmo.

Em 2019 foi realizada a obra de reforço no pé da Barragem BR, para que a mesma atingisse os valores normativos de Fatores de Segurança preconizados na NBR 13.028:2017. A obra consistiu na construção de uma berma de reforço utilizando enrocamento compactado até a elevação 1.150,0 m. Sobrejacente ao enrocamento, foram executadas camadas de magnetita compactadas até a elevação 1.160,0 m, transicionadas por uma camada de brita 3, brita 0 e areia. A Figura 3-4 apresenta uma imagem de satélite da Barragem, obtida pelo Google Earth, datada de agosto de 2019, após a execução do reforço.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

9/144

Nº DF+

DF19-263-1-EG-RTE-0005

REV.

1

Figura 3-4 - Barragem BR - Elevação 1.200,0 m, após as obras de reforço (Fonte: Google earth, 2019)

Ainda em 2019, a DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos foi contratada pela MOSAIC Fertilizantes para elaborar o Projeto Conceitual de Alteamento da Barragem BR para a elevação 1.210 m e 1.230 m, respectivamente, e também o Projeto Executivo de Alteamento da Barragem BR, para a elevação 1.210 m.

Este relatório tem como objetivo apresentar o Projeto Detalhado de Alteamento para a elevação 1.210,0 m. Vale destacar que todo o projeto foi dimensionado e verificado para tornar possível um futuro alteamento da estrutura em tela para a elevação 1230,0 m.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 10/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

3.2 LOCALIZAÇÃO

A Barragem BR foi implantada na cabeceira do córrego Boa Vista e encontra-se locada à montante da Barragem BD5. Ambas estruturas fazem parte do Complexo de Mineração de Tapira.

A Barragem BR é uma das estruturas pertencentes ao complexo com a finalidade principal de contenção de solos carregados da usina e mina no processo de beneficiamento do minério fosfático. Na Figura 3-5 é apresentada a localização da Barragem BR junto ao Complexo de Mineração Tapira.

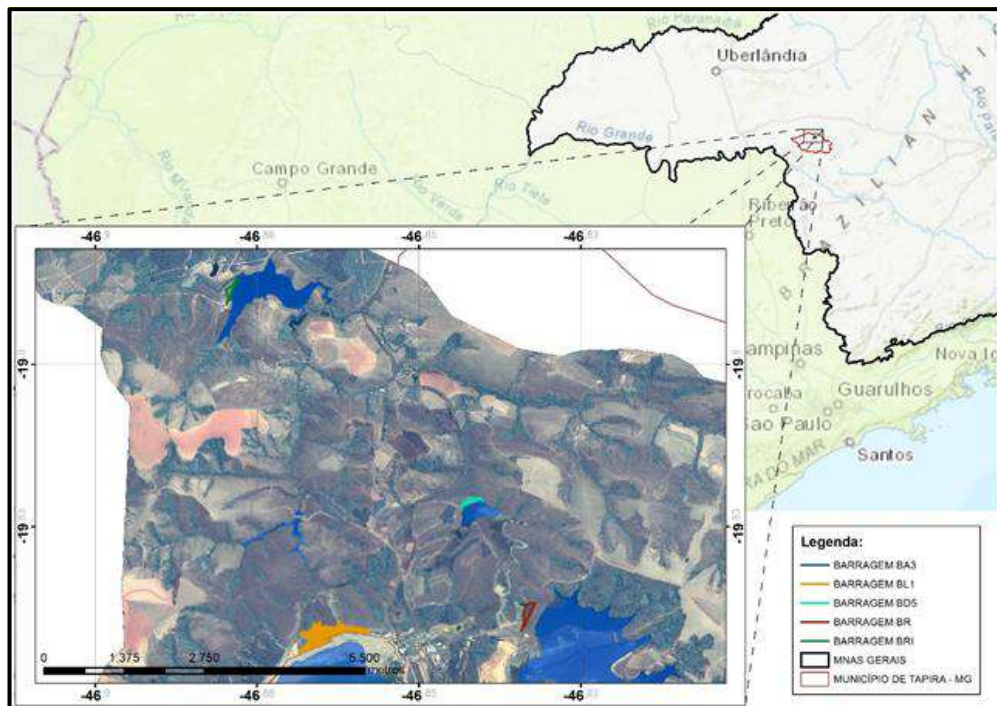


Figura 3-5 – Complexo de Mineração Tapira com destaque para a estrutura BD5 (Fonte: modificado de VG17-092-EG-RTE-0067).

A Figura 3-6 apresenta uma imagem de satélite da Barragem BR (Tapira) pertencente ao Complexo de Mineração de Tapira, e a Figura 3-7, a locação dos lagos pertencentes ao seu reservatório. De acordo com o inventário básico obtido no SGPSB da MOSAIC, as coordenadas da estrutura são dadas por: 308.051,70 E / 7.805.242,31 N (sistema SIRGAS 2000).

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 11/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	



Figura 3-6 – Barragem BR, estrutura pertencente ao CMT (Fonte: Google Maps, 2019).

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

12/144

Nº DF+

DF19-263-1-EG-RTE-0005

REV.

1

Figura 3-7 – Lagos pertencentes a estrutura da barragem BR (Fonte: Google Maps - Modificado).

3.3 FICHA TÉCNICA

A Tabela 3.1 resume as principais características da barragem, atualizadas segundo a última RISR, 1º ciclo de 2020 (WBH122-17-MOSC106-RTE-0014).


		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 13/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Tabela 3.1 – Ficha Técnica da Barragem.

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO	
Dados Gerais	
Finalidade	Contenção de rejeitos e captação de água
Empresas projetistas	- Dique Inicial: Paulo Abib Engenharia (1982) - Alçamento cota 1180m: Paulo Abib Engenharia (1982) - Alçamento cota 1200m: Leme (1998) - Reforço: Walm (2019)
Construção – Etapas	Maciço Inicial / Alçamentos
Data de Construção	1982/1998
Cota da Crista	El. 1200 m
Extensão atual do coroamento	570 m
Altura Máxima	61 m
Volume atual do Reservatório	80.000.000 m ³
Tipo de Seção	Mista (Maciço inicial em aterro compactado e alçamentos em magnetita)
Drenagem Interna	Tapete drenante (apesar de estar informado na RISR (2020), não foi identificado na investigação deste projeto)
Drenagem Superficial	Não possui dispositivos implantados
Instrumentação	5 piezômetros tipo Casagrande, 04 piezômetros elétricos, 18 indicadores de nível de água, 2 medidores de vazão, 14 drenos de encosta, 11 marcos superficiais, 1 régua, 1 pluviômetro e 1 evaporímetro
Hidrologia / Hidráulica	
Área da Bacia	15,67 km ²
Tempo de Concentração	1,23h (Lago 1), e 0,53h (Lago 3)
Precipitação de Projeto	204,77 mm
Cheia de Projeto	TR 10.000 anos
Vazão Máxima Afluente	198,31 m ³ /s
Vazão de Projeto	22,36 m ³ /s
NA Normal Operacional	1.192,8 m
NA Máximo Maximorum	1.194,54 m
Borda Livre (NA _{max, Maximorum})	5,46m
Estruturas Vertentes	
Vertedouro Operacional	Extravador soleira livre e canal escavado em solo na ombreira direita, com parte de sua extensão.

3.4 INSTRUMENTAÇÃO EXISTENTE

A Barragem BR é monitorada por 05 (cinco) piezômetros tipo Casagrande, 04 (quatro) piezômetros elétricos, 14 (quatorze) indicadores de nível d'água, 04 (quatro) indicadores de nível d'água elétricos, 02 (dois) medidores de vazão, 10 (dez) marcos superficiais, 01 (uma) régua do reservatório. Os dados dos instrumentos são apresentados na Tabela 3.2 e a planta com a locação dos mesmos estão apresentados na Figura 3-8.



**PROJETO DETALHADO DE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL
1210 m**

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

14/144

Nº DF+

DF19-263-1-EG-RTE-0005

REV.

1

Tabela 3.2 – Dados dos instrumentos de monitoramento da Barragem BR

Instrumento	Coordenadas		Cota de topo (m)	Prof. (m)
	N	E		
INA-01	7.805.178,2	308.009,3	1.201,2	36,8
INA-02	7.805.270,1	308.048,9	1.201,1	40,8
INA-03	7.805.288,5	308.017,0	1.180,8	33,2
INA-04	7.805.294,3	307.993,5	1.170,4	26,9
INA-05	7.805.346,0	308.080,6	1.201,6	44,0
INA-06	7.805.352,7	308.046,4	1.182,1	36,2
INA-07	7.805.368,1	308.024,5	1.170,8	27,4
INA-08	7.805.435,3	308.118,4	1.201,8	39,8
INA-09	7.805.075,2	307.970,0	1.201,1	21,0
INA-101	7.805.421,06	308.063,48	1.177,26	28,27
INA-102	7.805.237,02	307.970,08	1.170,33	21,45
INA-103	7.805.226,61	308.009,29	1.190,00	43,25
INA-104	7.805.377,47	308.004,35	1.161,16	24,45
INA-105	7.805.307,45	307.973,03	1.161,07	18,45
INA-OD-01	7.805.537,6	308.004,0	1.187,1	17,6
INA-OD-02	7.805.524,4	307.990,9	1.177,9	10,9
INA-OD-03	7.805.508,3	307.974,8	1.171,9	13,5
INA-OE-01	7.805.263,9	307.900,0	1.163,9	13,5
PZ-101	7.805.426,39	308.065,08	1.177,2	31,1
PZE-102	7.805.357,86	308.049,90	1.182,30	50
PZE-103	7.805.371,55	308.027,94	1.171,02	36,11
PZE-104	7.805.286,76	308.016,10	1.181,20	34
PZE-105	7.805.296,22	307.997,49	1.171,10	46
PZ-106	7.805.240,83	307.971,57	1.170,52	26,09
PZ-107	7.805.380,83	308.006,05	1.161,15	29,07
PZ-108	7.805.302,99	307.971,33	1.161,01	23,12
PZ-109	7.805.230,36	308.011,48	1.190,03	47,3
MS-01	7.805.531,6	307.996,4	1.181,5	-
MS-02	7.805.525,8	307.989,2	1.177,9	-
MS-03	7.805.511,1	307.972,4	1.171,4	-
MS-04	7.805.177,6	308.008,3	1.200,7	-
MS-05	7.805.201,4	307.952,8	1.169,9	-
MS-06	7.805.269,7	308.048,0	1.200,2	-
MS-07	7.805.292,4	307.994,6	1.170,6	-
MS-08	7.805.307,6	307.957,0	1.155,3	-
MS-09	7.805.344,9	308.080,2	1.200,2	-
MS-10	7.805.366,7	308.025,0	1.170,5	-
MS-11	7.805.384,7	307.989,7	1.154,7	-
MV-2	-	-	-	-
MV-4	7.805.260,0	307.891,0	1.161,0	-
RÉGUA	7.804.948,3	308.112,7	1.193,8	-

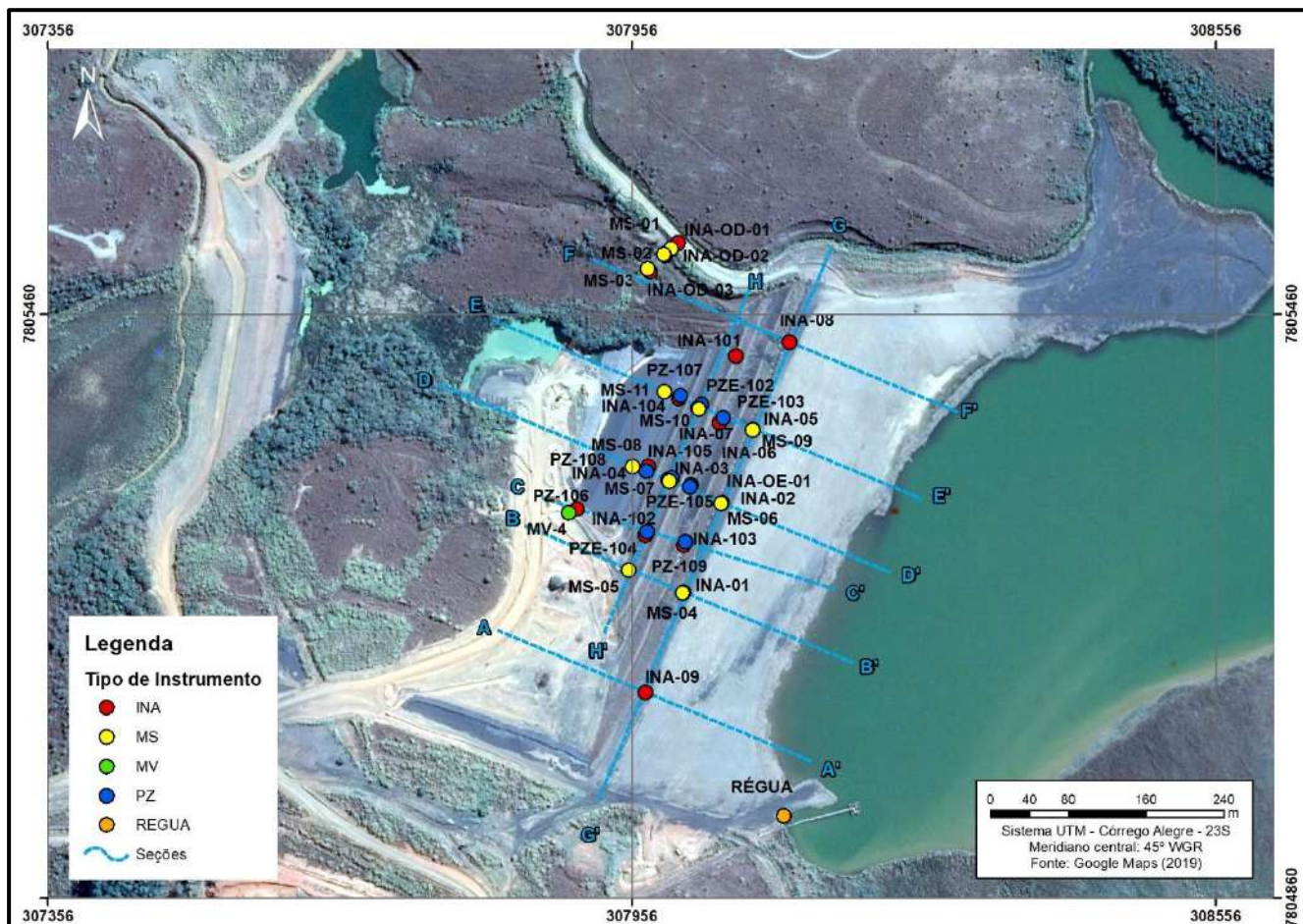


Figura 3-8 – Planta com locação da instrumentação – Barragem BR

3.5 OPERAÇÃO DA ESTRUTURA

Segundo o “Plano Diretor de Disposição de Rejeitos de Tapira – Estudo Conceitual – Preliminar”, elaborado pela Geoconsultoria em 2018, documento FF60-RT-02, a operação da planta de concentração de Tapira gera os seguintes fluxos: concentrado, rejeitos de flotação, rejeitos de flotação ultrafinos, lamas naturais e geradas, e rejeitos magnéticos (magnetita).

As lamas e os rejeitos ultrafinos são bombeados e depositados no reservatório da barragem BL-1. Os rejeitos magnéticos são bombeados e depositados no reservatório da barragem BR. Os rejeitos de flotação são parcialmente depositados na barragem BL-1, para uso no alteamento da mesma, e o restante é bombeado e depositado no reservatório da barragem BR.

O documento apresenta a previsão de geração de rejeitos e lamas entre os anos de 2018 e 2056. De forma sucinta, os volumes previstos são:

- Lamas + Ultrafinos: 190,5 Mm³

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 16/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

- Magnetita: 20,6 Mm³
- Rejeitos: 152,6 Mm³

É informado no relatório que, de todos os fluxos de rejeitos e lamas indicados, a disposição das lamas seria a mais complicada, e a disposição da magnetita a mais simples.

No caso das lamas, por serem materiais muito finos, apresentam características de adensamento pobre, com maior dificuldade de clarificação da água liberada, não servindo como material de construção, além de serem dificilmente desaguadas.

A magnetita, ou rejeitos magnéticos, são mais grosseiros, densos, servem como material de construção, são drenantes, adensam facilmente e podem ser empilhados, mesmo que não sejam filtrados, dada sua elevada condutividade hidráulica.

Os rejeitos de flotação seriam intermediários, entre as lamas e a magnetita, mas próximos desta última, por serem mais grosseiros que as lamas e, quando ciclonados, permitem que o material seja utilizado como material de construção. Por serem drenantes, podem ser empilhados e compactados, não necessitando de filtragem. Sem ciclonagem também podem ser desaguados, mas com processo de filtragem. No caso de ciclonagem, o overflow tem características próximas das lamas, mas ainda melhores que estas, sendo geralmente utilizado para a formação de praias nos alteamentos das barragens por linha de centro ou de montante.



No caso da Unidade de Tapira, o documento conclui que os reservatórios das barragens deveriam ser preferencialmente destinados para as lamas. Os rejeitos poderiam ser ciclonados, o underflow empilhado e o overflow ficariam junto às lamas ou os mesmos poderiam ser filtrados e empilhados. A magnetita poderia ser apenas desaguada e empilhada.

A partir destas considerações, o documento pondera que a diretriz do plano diretor de rejeitos da unidade Tapira poderia ser conceituada da seguinte maneira:


- As lamas deveriam ser depositadas nos reservatórios das barragens BL-1 e BR;
- Os rejeitos de flotação poderiam ser dispostos no reservatório da futura barragem BL-3, ou filtrados e empilhados; e,
- A magnetita deveria ser desaguada e empilhada.

Ainda de acordo com o que foi informado no documento, foram simulados os enchimentos dos reservatórios das barragens BL-1 e BR, considerando declividades das praias emersas e submersas e deixando-se ainda um volume de água livre para clarificação do efluente, e um volume livre, para laminação de cheias de projeto, com o seguinte resultado.

- Até 2020 seria implantado o sistema de bombeamento das lamas para a cabeceira do reservatório da barragem BR (ou até mesmo ser adiado, para 2028, isso ainda seria discutido).

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 17/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

- Aproximadamente neste mesmo período seria ampliada a praia da barragem BR, com a disposição dos rejeitos de flotação. A captação deverá ser mudada de posição, passando para a ombreira direita, próxima do emboque do canal extravasor.
- A barragem BL-3 seria construída e disponível para operação até o final de 2020. A partir do início de 2021, o reservatório seria utilizado para acomodação dos rejeitos de flotação.
- Neste mesmo período (entre 2018 e 2020) os rejeitos de flotação seriam ciclados e utilizados para alteamento da barragem BL-1, tanto da parte jusante como da parte da praia. Estava previsto que o alteamento do maciço central da barragem seria executado, na sua maior parte, com magnetita escavada nas pilhas atuais.
- A barragem BR deveria ser avaliada para ter sua crista alteada até a cota 1.230 m, ou seja, 10 m a mais que o previsto inicialmente. Este alteamento visa ganhar maior volume de reservação, para acomodar as lamas e o estudo desta implantação deve considerar a posição dos pés das pilhas de estéril no entorno do reservatório.
- A barragem BL-1, alteada até a cota 1.225 m, terá capacidade de armazenamento de 59,2 Mm³, com simulação de assoreamento do reservatório adotando-se inclinação média das praias de 0,2%.
- A ampliação da praia da BR atual demandará cerca de 4 Mm³ de rejeitos. Para o alteamento da barragem BL-1, para a cota 1225 m, a demanda de rejeitos de flotação será de cerca de 2 Mm³. Assim, até 2020, seriam necessários 6 Mm³ de rejeitos de flotação, o que, pela tabela apresentada no relatório conceitual de disposição, corresponderia até meados de 2019, restando ainda cerca de 6 Mm³ para serem dispostos no reservatório da barragem BR.
- A barragem BR, alteada até a cota 1220 m, terá capacidade de armazenar cerca de 112,5 Mm³, dos quais deverá ser descontado o volume de cerca de 10 Mm³, que será ocupado com rejeitos, restando então cerca de 102,5 Mm³ para ser ocupado com lamas.
- Com este cenário de alteamentos e simulação de enchimento dos reservatórios, e considerando a ocupação das barragens BL-1 e BR com lamas, o volume disponível para assoreamento seria de 161,7 Mm³. No estudo apresentado, a previsão de geração de lamas, em termos de volumes de assoreamento, é de 190,5 Mm³, ou seja, há um déficit de 28,8 Mm³, que se espera ser compensado com o alteamento da barragem BR até a cota 1230 m, ou próximo deste valor. Com isto, as lamas poderão ser armazenadas nas barragens BL-1 e BR durante a vida útil prevista do empreendimento.
- A barragem BL-1, para a cota 1.225 m, operaria acumulando as lamas, entre 2018 e 2029. A partir deste ano, o reservatório poderia permanecer adensando, com pequeno acúmulo de água, servindo para suprimento da planta de concentração.
- A barragem BL-3, conforme a simulação de ocupação do reservatório, poderia acomodar cerca de 73,2 Mm³. Adicionando-se a este valor o volume previsto de ser utilizado no alteamento da barragem BL-1 e na formação da praia da barragem BR, de 11,8 Mm³, resulta o valor total de 85,0 Mm³. Segundo o estudo, este valor mostra que a barragem BL-3 operaria até 2038.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 18/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

- Pelo estudo apresentado, o volume total de rejeitos será de 152,6 Mm³, ou seja, haverá um déficit de 67,5 Mm³, já descontado o volume de 11,8 Mm³ que será depositado na barragem BL-1 (para alteamento) e na barragem BR (para formação da praia).
- A partir de 2038, quando se esgotar a capacidade de armazenamento dos rejeitos na barragem BL-3, os rejeitos poderiam ser empilhados no reservatório da barragem BL-1, que estaria “em repouso” desde 2030. Estima-se que a espessura da pilha a ser formada, sobre a superfície das lamaz, será entre 10 e 15 m, pelo período de cerca de 20 anos.
- Para o empilhamento, os rejeitos poderão ser ciclizados ou filtrados. No caso de filtragem, toda a massa seria empilhada. No caso de ciclização, buscando-se a máxima partição para o underflow, o overflow deveria ser disposto com as lamaz no reservatório da barragem BR ou nas próprias cabeceiras da barragem BL-1. Se a partição para o underflow for de 80% em massa, restariam 13,5 Mm³ de overflow para disposição.
- A magnetita será empilhada parte na área onde atualmente já está empilhada, no vale que deságua a mina e próximo dos escritórios, e parte a jusante da barragem BR, como reforço da mesma, prevendo-se ciclização da magnetita apenas para desaguamento e não classificação.

Vale destacar que foi informado pela Mosaic que, encontra-se em elaboração um novo Plano Diretor de Disposição de Rejeitos para a unidade de Tapira contemplando o descomissionamento da Barragem BL-1 a partir de 2027 e da entrada de operação da Barragem BR em tal período para suprir a demanda da unidade em uma estrutura de contenção de rejeitos ultrafinos + rejeitos de lamaz gerados pela planta industrial.

4.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos utilizados para o desenvolvimento do presente relatório estão apresentados na Tabela 4.1. Os documentos foram obtidos através de consulta ao sistema SGPSB, disponibilizados em visita técnica ou foram documentos desenvolvidos pela DF+.

Tabela 4.1 - Documentos de referência

Número do documento	Descrição
000-511-008	Sistema de Deposição de Rejeitos – Relatório Sobre o Projeto da Barragem BR (Paulo Abib Engenharia S.A. - 1983)
VG17-092-1-EG-RTE-0070	Revisão Periódica de Segurança de Barragem – VOG - 2018
FF61-RT-01-R0	Projeto Executivo Alteamento Cota 1205,5 m – Geoconsultoria - 2017



**PROJETO DETALHADO DE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL
1210 m**

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

19/144

Nº DF+

DF19-263-1-EG-RTE-0005

REV.

1

Número do documento	Descrição
FF60RT02-R0	Plano Diretor de Disposição de Rejeitos – Estudo Conceitual – Preliminar – GeoConsultoria, junho de 2018.
DF19-023-1-EG-RTE-0013	Projeto Conceitual - Diagnóstico de Barragens – DF+ - 2019
WBH122-17-MOSC106-RTE-0014	Auditoria Técnica de Segurança 1º Ciclo 2020 – Walm - 2020
PAT-RT-LAB-1103.14-001	Ensaio de Laboratório – Pattrol - 2015
PAT-RT-SOND- 1097.14-002	Sondagem – Barragem BR – Pattrol - 2014
WBH122-17-MOSC077-RTE-0003	Ensecadeira a Jusante das Barragens BR e BD2 - Relatório Técnico
PAT-RT-SOND-040.2017	Sondagem à Percussão, Sondagem Mista e Sondagem à Trado – Barragem BR - Pattrol - 2017
PAT-RT-OSS.063-SOND-2018	Sondagem Mista – Barragem BR – Pattrol - 2018
PAT-RT-OSS097-SOND-2018	Sondagem à Percussão – Área Industrial – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-131-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-137-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-148-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
DF19-023-1-EG-RTE-0013	Diagnóstico da Barragem BR – DF+ - 2019
VG17-092-1-EG-RTE-0071	RPSB da Barragem BR – DF+ - 2019
FF28.03_-_PM05-R8_-_BR_18-11	Planilha com o histórico das leituras de instrumentação – Barragem BR – MOSAIC - 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 1 – CCC Topografia – Agosto de 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 3 – CCC Topografia – Agosto de 2019



**PROJETO DETALHADO DE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL
1210 m**

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

20/144



Nº DF+

DF19-263-1-EG-RTE-0005

REV.

1

Número do documento	Descrição
"ASBIULT BARRAGEM BR SEÇÕES TRANSVERSAIS"	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Seções – MOSAIC – Setembro de 2019
"ASBIULT BARRAGEM BR PLANTA"	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Planta – MOSAIC – Setembro de 2019
WBH122-17-MOSC041-RTE-0017	Relatório Técnico "As Is" – Barragem BR – WALM – Abril de 2019
"Instrumentos barragens CMT 2019 atual"	Planilha com as coordenadas da instrumentação em operação na Barragem BR – MOSAIC - 2019
DF19-261-1-EG-RTE-0001	Projeto Conceitual – Barragens – Barragem BR – Risco Geológico, Estrutural e Sísmico – Relatório Técnico
WBH122-17-MOSC041-DES-0027	Planta - Barragem BR: Instrumentação planta e quadro.
WBH122-17-MOSC041-DES-0028	Planta – CMT Barragem BR: Instrumentação seções
WBH122-17-MOSC041-DES-0076	Planta – CMT Barragem BR
WBH122-17-MOSC041-DES-0077	Planta – CMT Barragem BR – Investigações geológico-geotécnicas de referencias planta e quadro de locação
WBH122-17-MOSC041-DES-0078	Planta – CMT Barragem BR – Investigações geológico-geotécnicas de referencias planta e quadro de locação
WBH122-17-MOSC041-RTE-0017	Relatório Técnico "As Is" – Barragem BR – WALM – Abril de 2019
WBH122-17-MOSC061-DES-0001	Barragem BR – Investigação geológica-geotécnico de campo - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0003	Barragem BR – Limpeza de fundação - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0004	Barragem BR – Base topográfica- Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0005	Barragem BR – Arranjo geral - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0006	Barragem BR – Arranjo geral – Seções e detalhes
WBH122-17-MOSC061-DES-0007	Barragem BR –Drenagem interna– Seções e detalhes

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 21/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Número do documento	Descrição
WBH122-17-MOSC061-DES-0008	Barragem BR – Arranjo geral - Locação
WBH122-17-MOSC061-ETC-0001	Barragem BR – Especificação técnica investigação geológica-geotécnica
WBH122-17-MOSC061-ETC-0003	Barragem BR – Especificação técnica para construção de reforço
“ASBIULT BARRAGEM BR PLANTA”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Planta – MOSAIC – Setembro de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR SEÇÕES TRANSVERSAIS”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Seções – MOSAIC – Setembro de 2019
WBH122-17-MOSC061-DES-0012	Barragem BR – Planta e perfil – Dreno ombreira esquerda
WBH122-17-MOSC061-DES-0013	Barragem BR – Seções – Dreno ombreira esquerda
WBH122-17-MOSC070-RTE-0014	Barragem BR - Relatório de inspeção de segurança regular - Relatório de auditoria técnica de segurança - 2019

5.0 CÓDIGOS E NORMAS

Este documento deverá considerar a última edição dos códigos e normas citados a seguir, além das leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

Resolução N° 32, de 11 de maio de 2020 – ANM

Altera a Portaria n° 70.389, de 17 de maio de 2017 e dá outras providências.

NBR 13.028/2017



Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimento e reservação de água – Requisitos.

Lei 23.291/2019

Institui a política estadual de segurança de barragens do Estado de Minas Gerais.

ANM 70.389/2017

Cria o cadastrado nacional de barragens de mineração, o sistema integrado de gestão em segurança de barragens de mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do plano de segurança de barragens, das inspeções de segurança regular e

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 22/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

especial, da revisão periódica de segurança de barragens e do plano de ação de emergência para barragens de mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a política nacional de segurança de barragens – PNSB.

6.0 PREMISSAS E CRITÉRIOS

- As premissas e os critérios que foram adotados para o desenvolvimento deste projeto encontram-se detalhados no documento DF19-258-1-EG-RTE-0001.
- Além dos critérios e premissas acordados no documento citado acima, o Fator de Segurança mínimo (FS_{mín}), utilizando a resistência não drenada liquefeita nas análises de estabilidades deve ser igual a 1,25.

7.0 ESTUDOS GEOLÓGICOS

7.1 GEOLOGIA REGIONAL

A região de Tapira pertence a Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, que está inserida na margem continental da Faixa Brasília, delimitada a sudoeste pela Bacia do Paraná e a nordeste pelo Cratón São Francisco. Esta Província é constituída por um conjunto de rochas kamafugíticas, kimberlíticas e carbonatíticas que ocorrem como complexos plutônico, diques, pipes, plugs, diatremas, derrames de lavas e depósitos piroclásticos (Brod et al. 2004).

A Figura 7-1 apresenta o mapa geológico da Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, exibindo diversas intrusões, em destaque, a de Tapira, em vermelho, e Araxá, Salitre, Serra Negra e Catalão I e II, em azul.

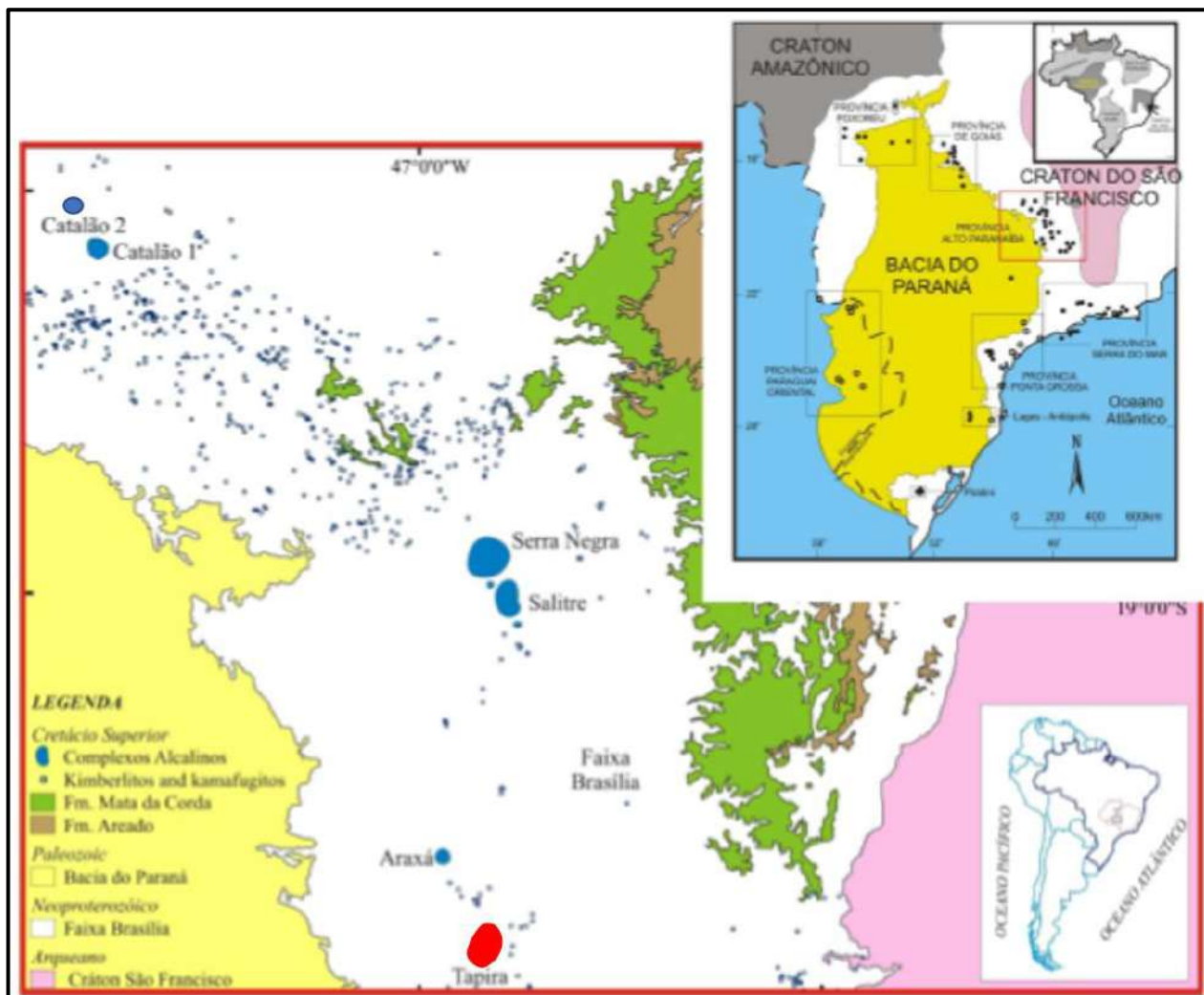


Figura 7-1 - Mapa geológico da Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, exibindo os domos intrusivos alcalinos. Complexo de Mineração de Tapira, em vermelho, e os demais Complexos da Província em azul (Modificado de Jácomo, 2010).

Os Complexos plutônicos Alcalinos-Carbonatíticos de Tapira, Araxá, Catalão I e II, Serra Negra, Salitre I, II e III, segundo Gibson et al. (1995) possuem idade Cretáceo Superior e tem sua origem atribuída à influência do magmatismo oriundo dos impactos de plumas mantélicas na base da litosfera subcontinental. As intrusões desses complexos estabeleceram-se ao longo da feição denominada Arco do Alto Paranaíba e deformaram as rochas metassedimentares da Faixa Brasília, quase sempre gerando estruturas em domos (Brod et al., 2004).

Na Faixa Brasília, orógeno colisional produto da interação entre crátons com evolução tectônica ligada ao Evento Brasileiro, ocorre uma progressiva variação nos padrões estrutural e metamórfico nas unidades litológicas, sendo mais deformadas em direção a Oeste (Valeriano et al., 2004b). Tem sido sugerida, por alguns autores, uma divisão na Faixa em

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 24/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Zona externa e interna devido à evolução da deformação e do grau metamórfico (Dardenne, 2000; Simões e Valeriano, 1990; Fuck, 1994, Valeriano et al., 2004b).

A Zona Externa é composta por unidades metassedimentares dos Grupos Paranoá, Canastra, Ibiá, Vazante e, localmente, o Bambuí e porções do seu embasamento arqueano paleoproterozóico (Dardenne, 2000; Faria 1995; Guimarães 1997, Silva, C. H., 2003). Predominam nesta zona as fácies sedimentares correspondentes à margem passiva, e o metamorfismo é de fácies xisto verde (Silva, C. H. 2003). A Zona Interna é constituída por sucessões metassedimentares e metavulcanossedimentares do Grupo Araxá e Andrelândia incluindo fácies de plataforma distal, rochas metaultramáficas de assoalho oceânico, e o metamorfismo é de fácies xisto verde superior chegando a granulito.

A Figura 7-2 exhibe a estruturação da Faixa Brasília apresentando seu contexto geológico regional.

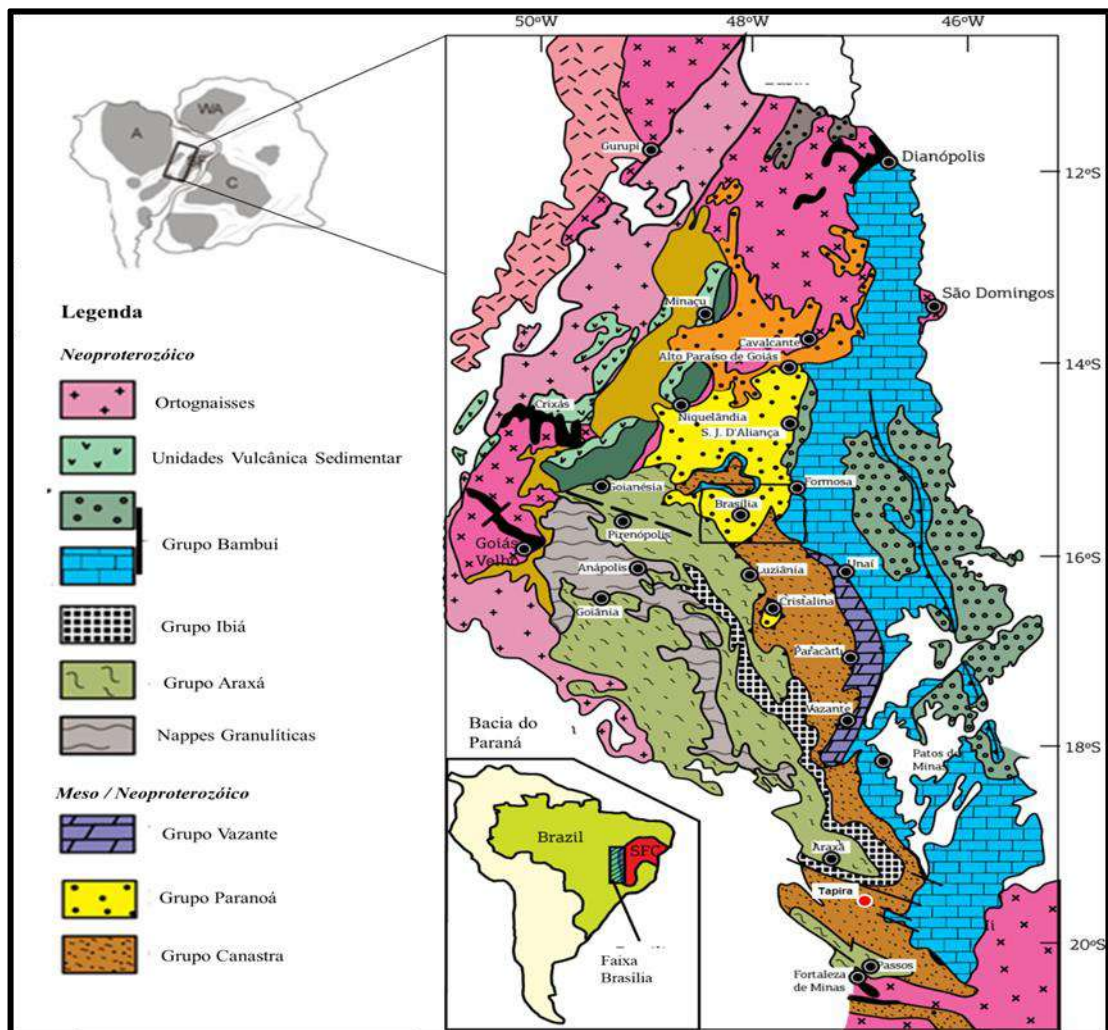


Figura 7-2 - Compartimentação geológica da Faixa Brasília (Modificado de Valeriano et al. 2000).

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 25/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

7.2 GEOLOGIA LOCAL

Tapira é o mais meridional dos complexos carbonatíticos da província, localizado no município de Tapira, estado de Minas Gerais, a sudoeste do Cráton São Francisco e está inserido no contexto geológico da porção sudoeste da Folha Araxá (SE.23Y-C-VI). A região de Tapira encontra-se no sudoeste do estado de Minas Gerais, na porção compreendida entre as serras da Canastra a sul e da Bocaina a norte, inserida no Bioma cerrado.

A Figura 7-3 apresenta o Complexo de Mineração de Tapira pertencente à MOSAIC. O Complexo está inserido na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto do Paranaíba, no estado de Minas Gerais. Localizado a aproximadamente 37 km a sudeste da cidade de Araxá, por ligação rodoviária e a uma distância da ordem de 400 km a oeste de Belo Horizonte.

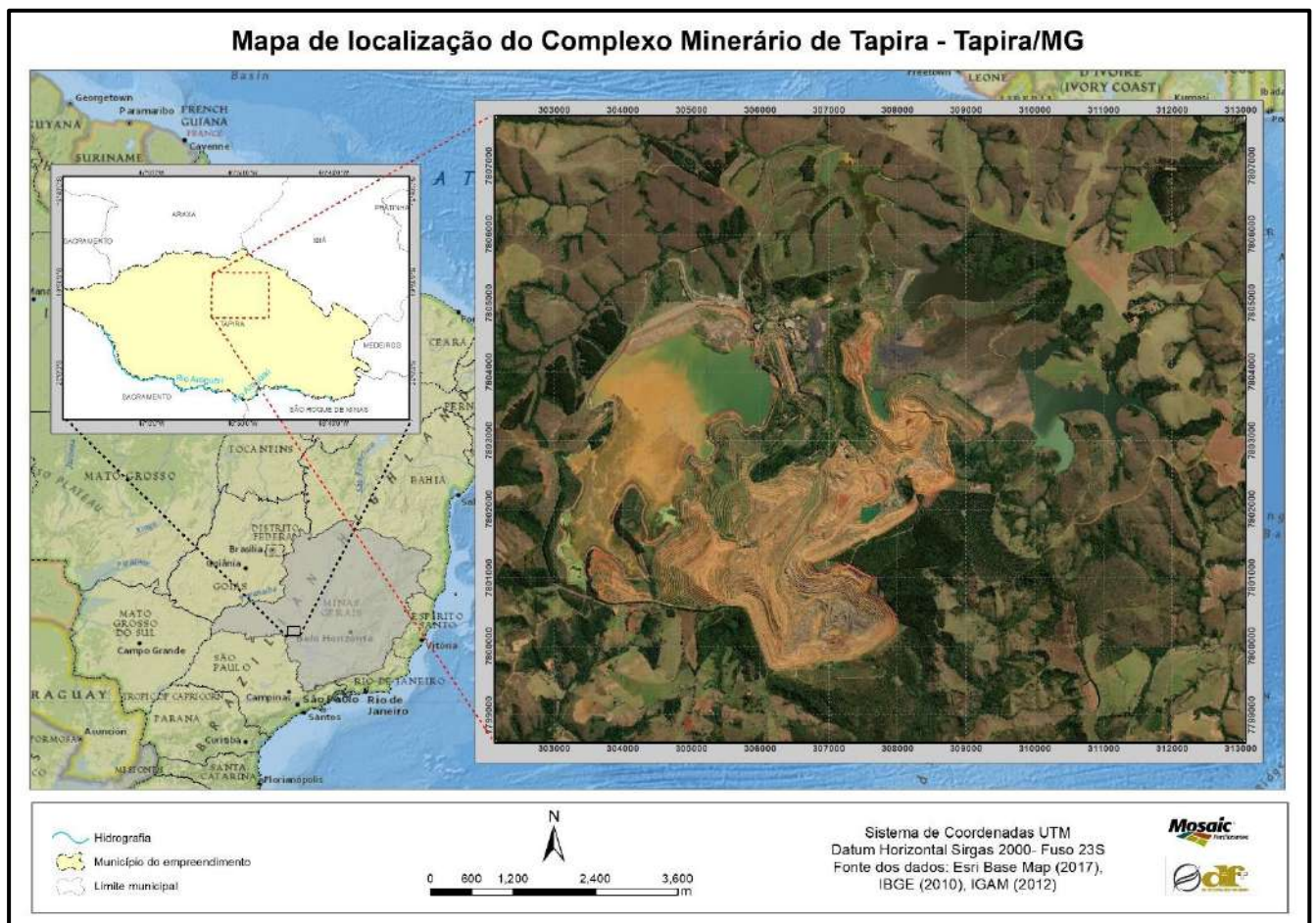




Figura 7-3 – Mapa de localização do Complexo de Mineração de Tapira, pertencente ao Município de Tapira-MG.

O Complexo Tapira é uma intrusão multifásica resultado da amalgamação de intrusões de magma ultramáfico, carbonatito e sienito (Brod, 1999). O complexo é dominado por rochas ultramáficas representadas por dunitos, peridotitos, piroxenitos e bebedouritos encaixados,

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 26/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

comumente, em quartzitos, filitos e rochas carbonáticas e carbonáceas do Grupo Canastra (Dardenne, 2000).

O Grupo Canastra representa parte de uma bacia de margem passiva aberta no fim do mesoproterozóico com rochas que afloram em uma faixa de mais 650 km, com intensa deformação. De acordo com as grandes zonas de cisalhamento presentes na área, Silva (2003) e Silva et al. (2004) compartimentaram a área de Tapira em três domínios tectonoestruturais, descritos a seguir.

O Domínio Oeste (DW) é marcado por uma predominância de xistos e quartzitos e rochas metamáficas, metaultramáficas e gnáissicas subordinadamente, recobertas pelas rochas da Bacia do Paraná. Neste domínio ocorrem duas escamas, sendo a escama 1 pertencente ao grupo Canastra e a escama 2 ao grupo Araxá. O limite Leste deste domínio DW é marcado pela ZC Alto Araguari. No Domínio Leste (DE) são identificados xistos, com intercalações de quartzitos, quartzo xistos e rochas metaultramáficas que se sobrepõem, devido à falha de empurrão. No Domínio Leste ocorrem três escamas, a escama inferior e intermediária, pertencentes ao grupo Canastra; e a escama superior, pertencente ao grupo Araxá. As rochas do DE são separadas do Domínio Sul (DS) pela ZC Canastra. O DS é marcado por uma predominância de rochas metapsamíticas, com feições sedimentares preservadas que definem o alto topográfico marcado pela Serra da Canastra.

Na Figura 7-4 é apresentado o mapa geológico da região de Tapira segundo Silva (2003) compilado de Valeriano et al., (2004a). Discrimina-se as seguintes litologias: Domínio Oeste (DW), Escama 2: (1) Grupo Araxá. Escama1: (2) Grupo Canastra - granada-muscovita xisto com porções grafitosas e com frequentes intercalações de quartzitos micáceos. Domínio Leste (DE), Escama Superior (3) Grupo Araxá - granada-mica xisto com intercalações de granada-quartzo xisto e rochas metaultramáficas; Escama Intermediária (4) Quartzitos com intercalações de quartzo xisto e muscovita xisto; (5) Granada-mica xistos com intercalações granada grafito xistos, granada quartzitos e albita-granada mica xisto; mica xistos e quartzo xistos com intercalações métricas de quartzitos, localmente com lentes métricas de mármore (azul escuro). Escama Inferior (6) quartzitos; (7) quartzo-muscovita xistos/filitos com intercalações de quartzito e níveis feldspáticos; grafito-muscovita xistos/filitos com intercalações de quartzitos micáceos e muscovita-quartzo xistos; quartzo-muscovita xistos/filitos, com lentes e camadas decimétricas a métricas de quartzitos. Grupo Bambuí (8) Filitos e ardósias com lentes métricas de mármore. Domínio Norte, (9) Filitos/xistos sericíticos (10) Quartzitos puros a micáceos. Domínio Sul, (11) Metarenitos com intercalações de quartzo filito, quartzitos micáceos, filitos e metaconglomerados. (12) Quartzo-muscovita xistos, metarenitos bandados.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

27/144

Nº DF+

DF19-263-1-EG-RTE-0005

REV.

1

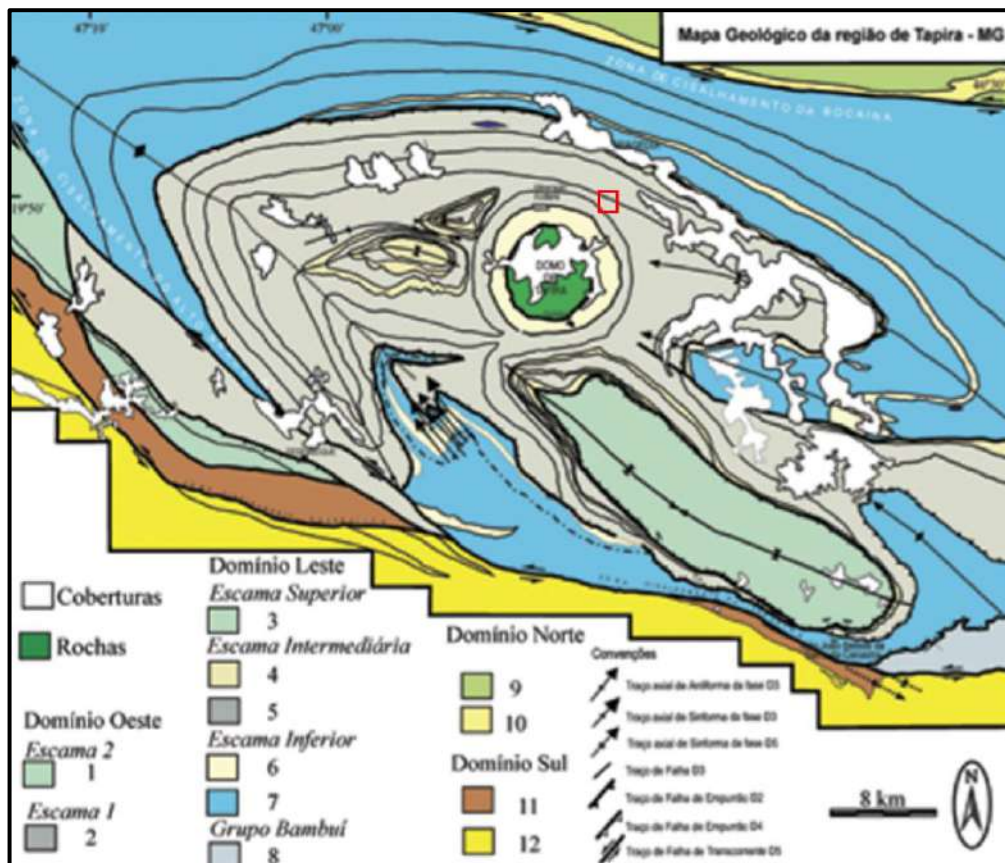




Figura 7-4 - Mapa geológico da região de Tapira com destaque para a região da Barragem BR (modificado de Valeriano et al., 2004a).

A Figura 7-5 mostra a Barragem BR, localizada na cabeceira do córrego Boa Vista e a montante da Barragem BD5, inserida no Complexo de Mineração de Tapira.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 28/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

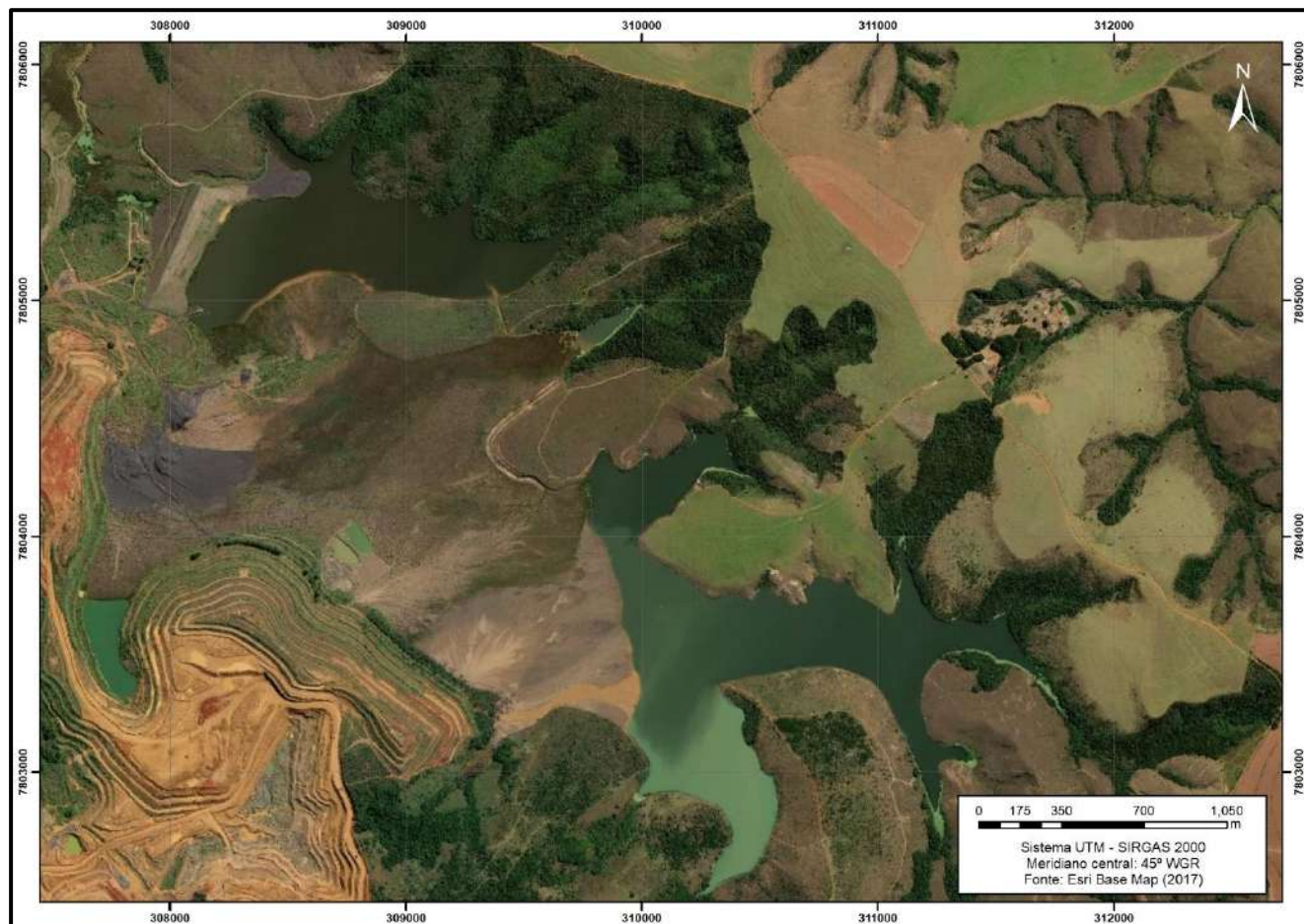




Figura 7-5 - Imagem da Barragem BR (Fonte: Google Earth, 2019).

7.3 SISMICIDADE REGIONAL

A estimativa da ameaça sísmica é de extrema relevância na engenharia geotécnica, uma vez que as diretrizes normativas (NBR 13.028:2017) recomendam avaliação da estabilidade física da estrutura perante à eventos sísmicos. Como a estrutura apresenta susceptibilidade ao fenômeno de liquefação (ver item 5.3.2 deste relatório), torna-se necessário avaliar o grau de segurança para evitar um possível gatilho ao fenômeno citado.

Para Oliveira e Marchioreto (2013), alguns sismos podem ser “induzidos” pela intervenção do homem na natureza. Contudo, sismos desta natureza registrados no Brasil possuem pequenas magnitudes. Os mesmos autores definem que, para ocorrências de sismos induzidos em reservatórios, o mecanismo aceito é o da percolação d’água a grandes profundidades, em planos de fraqueza do maciço rochoso subjacente ao reservatório, que estejam submetidos a estados críticos de tensão, ou seja, próximos à ruptura.

Portanto, a investigação das condicionantes geológicas é fundamental para se determinar o perigo sísmico nas áreas onde há grandes obras, como hidrelétricas e barragens de rejeito (Lopes, 2010).

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 29/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	



De modo geral, o período mais crítico é justamente a fase de enchimento, pois trabalhos realizados em vários reservatórios têm mostrado o início de alguma atividade sísmica ou mesmo um aumento na sismicidade local durante a fase de execução ou após um breve período de sua finalização, em um intervalo de tempo de até 3 anos após o enchimento do reservatório, ou superiores (Ribotta, 2010).

De acordo com a ABNT NBR 13.028/2017, é recomendado a utilização do critério sugerido pela Canadian Dam Association (CDA), que indica a adoção da aceleração da gravidade resultante do Sismo Máximo Provável (MCE – Maximum Credible Earthquake) para análises pseudoestáticas.

Diante do exposto e levando em consideração o critério do CDA, deve ser utilizado um tempo de recorrência para o evento sísmico entre 2.475 e 10.000 anos, assim como os registros e bibliografia existente para o território nacional remete a um tempo de recorrência de 2.475 anos.

Pelo fato de não se ter leituras sísmicas representativas da região em que a Barragem BR (Tapira) está locada, optou-se pela análise por meio de carregamentos pseudoestáticos, aplicados nas direções horizontal e vertical, especificando o coeficiente de carga sísmica correspondente. Este método de análise é o recomendado pela ABNT NBR 13.028/2017.

A Figura 7-6 representa o mapa mais atualizado para o território brasileiro e foi desenvolvido por Assumpção et al. (2016) e publicado no Boletim nº 96/2016 da Sociedade Brasileira de Geofísica e que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 30/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

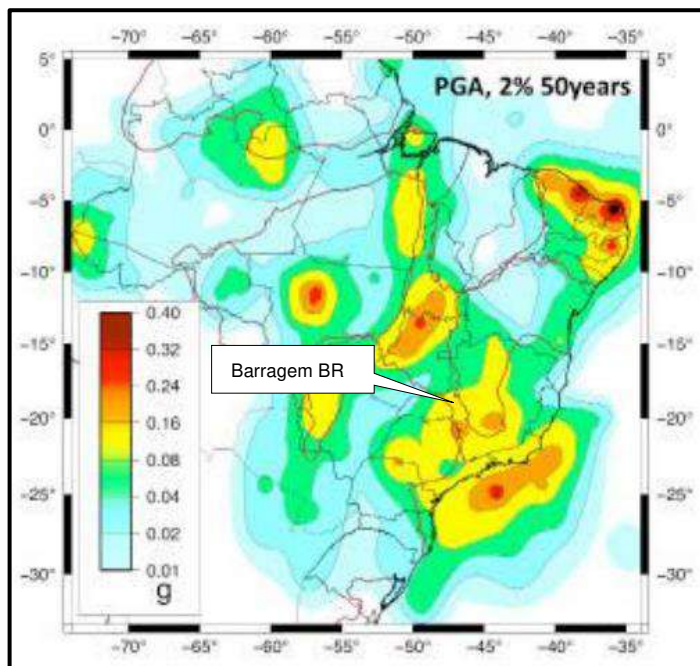


Figura 7-6 - Mapa de Ameaça Sísmica para acelerações de pico em rocha com destaque para a localização de BR (Tapira). Fonte: Boletim nº 96/2016 SGBf.

Uma observação importante é que, aparentemente, boa parte das barragens de rejeito no Brasil são projetadas para acelerações de 0,03 g ou 0,05 g, valores sugeridos por Eletrobrás (2003). A extensão das áreas verdes da Figura 7-6 sugere que estes valores precisariam ser revistos (Assumpção et al., 2016).

Portanto, com base nas informações apresentadas, a Barragem BR (Tapira) está localizada na região em que a aceleração está compreendida entre 0,08 e 0,16 g. Cabe ressaltar que a escala apresentada é regional e pode ser superestimada.

A United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC, 1508), dada a complexidade e nível de segurança em projetos nucleares, considera-se razoável a adoção do valor da aceleração horizontal de 0,10 g, valor este condizente ao intervalo de 0,08 g e 0,16 g, pelo que o mesmo foi adotado no presente trabalho.

Em relação aos movimentos verticais do terreno, ainda são poucos os dados disponíveis de modo que, na prática, os métodos de projeto se baseiam numa aceleração vertical de pico, a qual é assumida como sendo uma fração da aceleração horizontal de pico do terreno. Usualmente, utiliza-se o valor 2/3 da aceleração horizontal para a aceleração vertical (WERNER, 1976).

Portanto, foram adotados os valores de aceleração horizontal de pico em rocha igual a 0,10 g e aceleração vertical de pico em rocha igual a -0,06 g (aplicação da carga de baixo para cima).

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 31/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

8.0 INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

As investigações geológico geotécnicas existentes foram consolidadas no documento DF19-263-1-EG-RTE-0001, em que estão apresentadas todas as campanhas de investigação já executadas, discretizadas por empresa executora, quantidade de investigação e ano de realização das mesmas.

8.1 SEÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS DE ESTUDO

A barragem BR foi avaliada a partir de 6 seções geológico-geotécnicas transversais e duas seções geológico-geotécnicas longitudinais. (seções A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', GG' e HH') e que encontram-se representadas em planta na Figura 8-1. Na Figura 8-2 está apresentada a seção central EE'. Além disso, a planta, assim como todas as seções estão apresentadas nos documentos, cujos números são: DF19-263-1-EG-DWG-0015, DF19-263-1-EG-DWG-0016, DF19-263-1-EG-DWG-0017 e DF19-263-1-EG-DWG-0018.

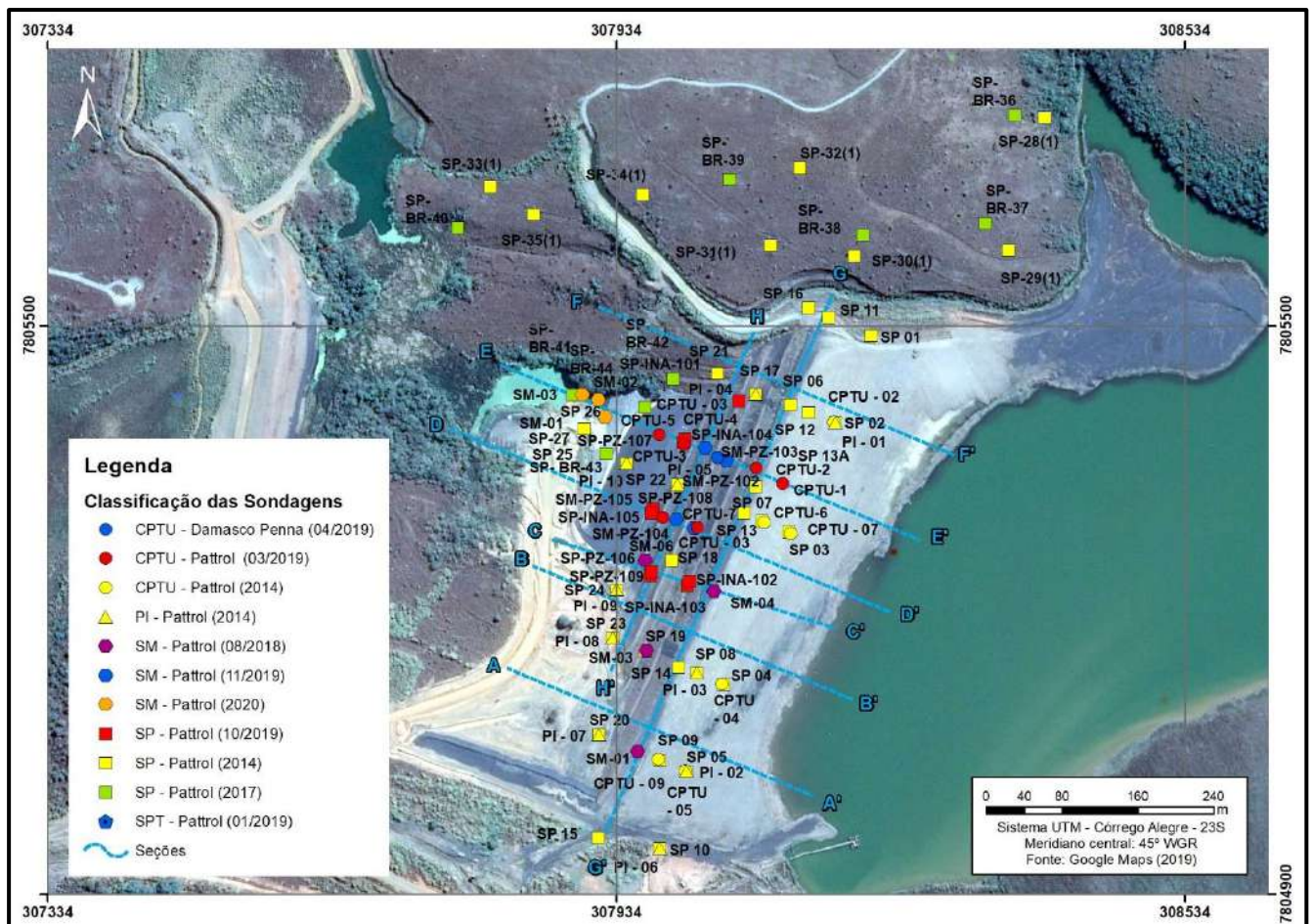


Figura 8-1 – Localização das seções de estudo na Barragem BR.

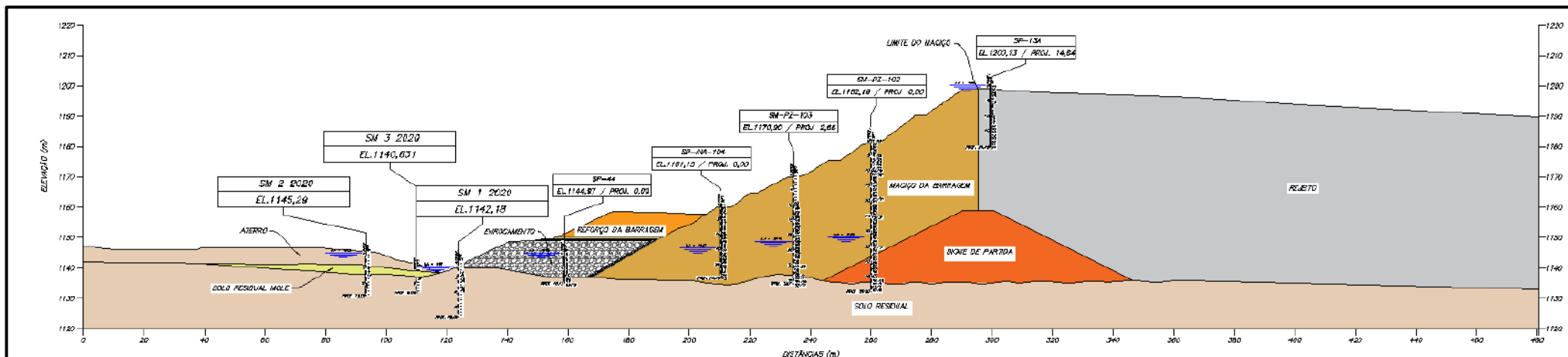


Figura 8-2 – Seção Geológica EE'

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 33/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

As seções transversais A-A' e B-B' estão localizadas na região da ombreira esquerda da barragem; as seções C-C', D-D' e E-E' localizam-se na região central, e a seção F-F' localiza-se na ombreira direita. A seção longitudinal G-G' está sobreposta ao rejeito, em uma zona de transição com o maciço da barragem; enquanto que a seção H-H' encontra-se sobreposta exclusivamente ao maciço da referida estrutura. A extensão das seções confeccionadas bem como as sondagens empregadas em cada uma das mesmas encontra-se compiladas na Tabela 8.1.

Salienta-se que as informações provenientes dos ensaios CPTU's foram empregadas na confecção de todas as seções mencionadas.

Tabela 8.1 - Correlação entre as seções confeccionadas para barragem BR com suas respectivas extensões e os furos de sondagem empregados nas mesmas.

Seções	Extensão (m)	Furos de Sondagem Empregados
Seção A-A'	350	SM- 01, SP-09 e SP-05
Seção B-B'	366	SP-04, SP-06, SP-14, SP-24 e SM-03
Seção C-C'	314	SM-04, SM-06, SP-PZ-106 e SP-18
Seção D-D'	502	SP-03, SP-07, SP-22, SP-25, SP-INA-105, SM-PZ-104, SM-PZ-105
Seção E-E'	480	SP-13A, SP-44, SP-INA-104, SM-PZ-103, SM-PZ-102, SM-01, SM-02, SM-03
Seção F-F'	409	SP-02, SP-06, SP-17, SP-INA-101
Seção G-G'	618	SP-11, SP-13A, SP-14
Seção H-H'	388	SP-24, SP-INA-101, SM-PZ-103, SP-22, SM-PZ-105

8.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Para a caracterização física dos materiais, foram utilizados os dados de sondagens realizadas em 2014, com relatório emitido pela Pattrol em 2015 (PAT-RT-LAB-1103.14-001), além das várias sondagens já consolidadas no relatório DF19-263-1-EG-RTE-001. Foram coletadas 3 (três) amostras no rejeito, 2 (duas) na maciço de magnetita e 5 (cinco) no terreno natural das ombreiras. Os resultados dos ensaios nos materiais são apresentados a seguir.

De maneira geral, a barragem BR é constituída por rejeito de magnetita, areno-siltoso, cinza, preferencialmente compacto, com porções medianamente compactas identificadas nas seções D-D' e E-E'. Regiões pouco compactas foram reconhecidas apenas na seção F-F'. Nas seções A-A', B-B' e C-C', a fundação da barragem é constituída por solo residual silto-argiloso a argiloso, marrom, amarelo e cinza, preferencialmente rijo a duro. Nas seções D-D', E-E' e F-F' a fundação é também constituída por um solo residual, mas de cor cinza e textura silto-arenosa, compacto a muito compacto, compreendido como produto da decomposição de filitos cinzas. A espessura deste horizonte não pode ser definida com clareza, mas os furos de sondagem SP-PZ-102, SP-PZ-103, SP-PZ-104 e SP-PZ-105 indicam que eventualmente o maciço da barragem pode estar sobreposto diretamente a horizontes saprolíticos de filito, ou seja, a camada de solo residual pode estar ausente.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 34/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

As ombreiras da estrutura são constituídas também por solo residual silto-arenoso, compacto a muito compacto, provenientes da decomposição de filitos. Contudo, solos residuais silto-argilosos a argilosos, marrom, amarelo e cinza, rijos a duros, formados a partir da decomposição de quartzitos podem ocorrer. Possivelmente, os horizontes quartzíticos representem camadas imersas a rochas predominantemente filíticas.

8.2.1 Rejeito de Flotação

Para a caracterização física dos rejeitos de flotação foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) perfazendo um total de três amostras (PI01, PI02 e PI03), conforme apresentado na Tabela 8.2.

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a massa específica dos sólidos (δ) variou entre 3,41 a 3,51 g/cm³ e o peso específico natural dos rejeitos variou entre 17,74 kN/m³ a 19,38 kN/m³. Com relação a compacidade relativa (CR) do material, verificou-se que o valor obtido está entre a faixa de 0,33 a 0,66. Segundo a classificação sugerida por Terzaghi (1947), o rejeito apresenta-se medianamente compacto. Destaca-se que este material foi coletado na superfície da praia de rejeito, onde há tráfego de veículos para lançamento e manutenção da praia o que pode impactar no comportamento da amostra, ocasionando em resultados que podem não ser aplicados a todo o rejeito de flotação depositado.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC	PÁGINA 35/144
Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Tabela 8.2 – Resumo dos resultados de caracterização física dos rejeitos.

Amostra	Prof. (m)	γ_{nat} kN/m ³	$w^{(4)}_{nat}$ (%)	$\gamma_d^{(1)}$ kN/m ³	$e_{nat}^{(2)}$	$e_{máx}$	$e_{mín}$	CR ⁽⁵⁾	δ g/cm ³	$\gamma_{sat}^{(3)}$ kN/m ³	Granulometria					
											Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-01	1,2 a 1,5	19,38	15,6	16,78	1,03	1,24	0,78	0,46	3,41	19,41	3,4	10,1	46,1	39	1,4	0
PI-02	1,2 a 1,5	17,74	7,8	16,43	1,14	1,35	0,88	0,45	3,51	17,68	2,2	9,9	47,3	39,2	1,4	0
PI-03	1,2 a 1,5	18,79	9,8	17,11	1,05	1,28	0,84	0,52	3,51	20,34	3,4	7,1	53,6	34,6	1,2	0

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat} / (1 + w_{nat})$;

(2) e_{nat} foi calculado pela correlação: $(\delta * \gamma_w / \gamma_d) - 1$.

(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1 + w_{nat}) / (1 + e)$

(4) Teor de umidade natural "In Situ"

(5) Compacidade relativa calculada através da equação $CR = (e_{máx} - e_{na}) / (e_{máx} - e_{mín})$

A partir dos ensaios granulométricos, observou-se que os rejeitos são compostos predominantemente por areia de granulometria fina a média (90%) com pequena parcela de silte e argila (10%), conforme pode ser observado na Figura 8-3.

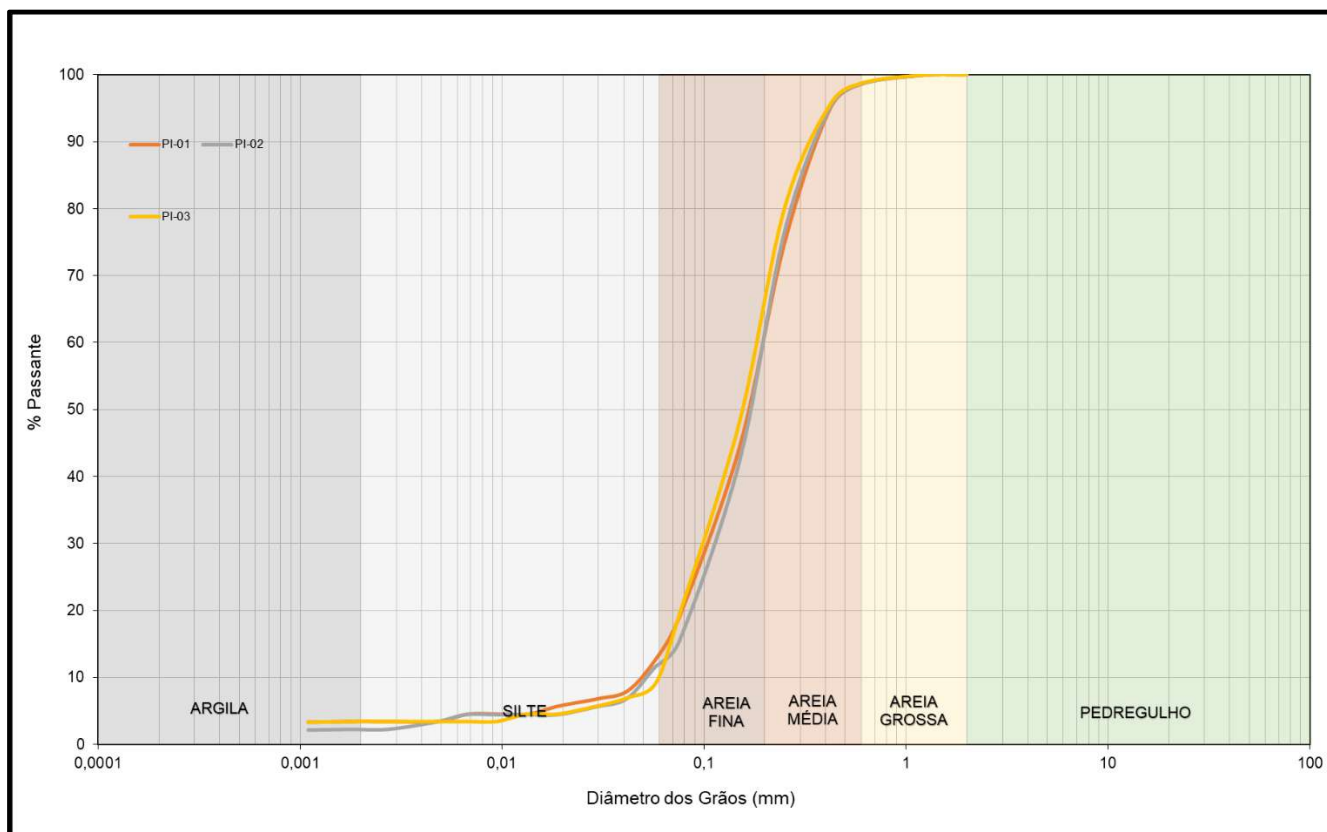


Figura 8-3– Curvas granulométricas do rejeito de flotação.

8.2.2 Rejeito de Magnetita do Maciço

Para a caracterização física do maciço de magnetita foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) em um total de duas amostras, sendo estas, as amostras PI04 e PI05, conforme apresentado na Tabela 8.3. A Partir dos ensaios de caracterização, observou-se que a massa específica dos sólidos (δ) variou entre 4,43 a 4,74 g/cm³, o peso específico natural do maciço de magnetita variou entre 27,02 kN/m³ e 28,99 kN/m³. Com relação a compactidade relativa do material, verificou-se que para a amostra PI-04, o valor obtido está entre a faixa de 0,33 a 0,66. Segundo a terminologia sugerida por Terzaghi (1947), isso indica que o rejeito apresenta compactidade média. Já em relação a amostra PI-05, verificou-se que o valor calculado para o índice de vazios natural é menor que o valor obtido para o $e_{mín}$. Caso seja utilizado este valor, pode se prever, segundo o conceito já explicitado, que a magnetita é considerada compacta.



**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM
BR – EL 1210 m**

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC	PÁGINA 37/144
Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Tabela 8.3 – Resumo dos resultados de caracterização física do maciço de magnetita.

Amostra	Prof. (m)	γ_{nat} (kN/m ³)	$w^{(4)nat}$ (%)	$\gamma_d^{(1)}$ (kN/m ³)	$e_{nat}^{(2)}$	$e_{m\acute{a}x}$	$e_{m\acute{i}n}$	CR ⁽⁵⁾	δ (g/cm ³)	$\gamma_{sat}^{(3)}$ (kN/m ³)	Granulometria					
											Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-04	1,2 a 1,5	27,02	3,6	26,07	0,81	0,94	0,59	0,37	4,74	27,13	2,9	9,9	23,9	36,5	23,4	3,3
PI-05	1,2 a 1,5	28,99	4,4	27,77	0,59	0,97	0,61	1,06	4,43	29,09	3,7	3,6	21,8	47,7	23,2	0

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat} / (1 + w_{nat})$;

(2) e_{nat} foi calculado pela correlação: $(\delta * \gamma_w / \gamma_d) - 1$.

(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1 + w_{nat}) / (1 + e)$

(4) Teor de umidade natural "In Situ"

(5) Compacidade relativa calculada através da equação $CR = (e_{m\acute{a}x} - e_{na}) / (e_{m\acute{a}x} - e_{m\acute{i}n})$

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 38/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

A partir dos ensaios de granulometria, observou-se que o maciço de magnetita é composto por material predominantemente arenoso bem graduado entre material fino a grosso, com pequena quantidade de silte e argila, como pode ser observado na Tabela 8.3 e na Figura 8-4.

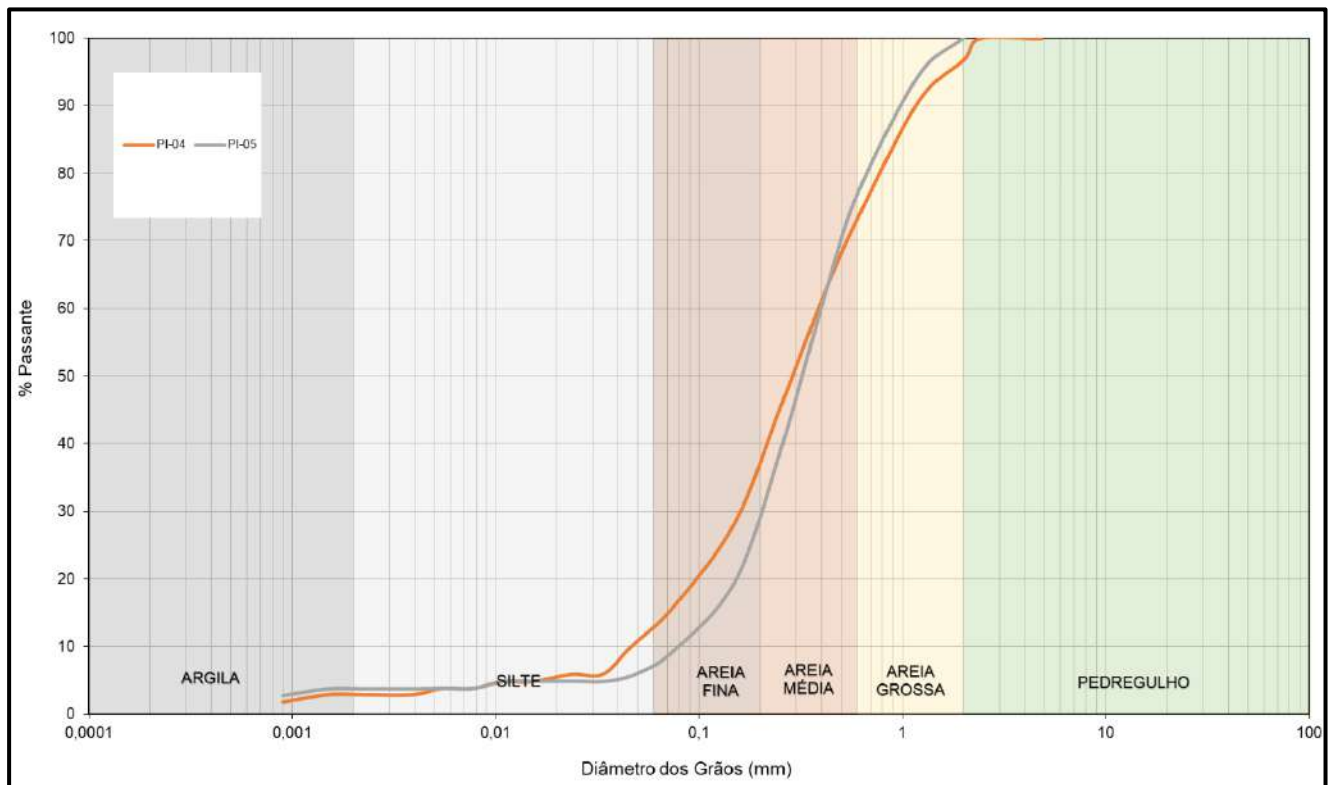


Figura 8-4 - Curvas granulométricas do maciço de magnetita.

8.2.3 Solo Residual de Fundação

Para a caracterização física do solo residual de fundação, foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) em um total de cinco amostras, sendo estas, as amostras PI06, PI07, PI08, PI09 e PI10, obtidas nas ombreiras da estrutura, cujos resultados de caracterização são apresentados na Tabela 8.4. Pode-se observar que a massa específica dos sólidos para o solo ficou entre 2,67 e 2,80 g/cm³, valores estes correspondentes a este tipo de material. Com relação ao peso específico saturado, a variação se deu de 14,38 a 18,67 kN/m³. Observa-se ainda que o índice de vazios sofreu grande variação entre as amostras, estando ainda o teor de umidade variando de 22,1 a 30%.


		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 39/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Tabela 8.4 – Resumo dos resultados de caracterização física do solo residual de fundação.

Amostra	Prof. (m)	$\gamma_{nat}^{(5)}$ (kN/m ³)	$w^{(4)}_{nat}$ (%)	$\gamma_d^{(1)}$ (kN/m ³)	$e_{nat}^{(2)}$	δ (g/cm ³)	$\gamma_{sat}^{(3)}$ (kN/m ³)	Granulometria					
								Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-06	2,15 a 2,45	14,51	26,7	11,45-	0,90	2,80	18,67	35,3	41,7	13,9	3,6	2,3	3,2
PI-07	2,15 a 2,45	11,59	22,1	9,49	1,31	2,72	14,38	14,4	53,4	21,3	3,4	1,6	2,8
PI-08	2,15 a 2,45	12,04	24,2	9,69	1,18	2,67	15,21	30,4	29,6	16,7	8,8	3,2	11,3
PI-09	1,15 a 1,45	11,31	28,3	8,81	1,45	2,79	14,61	39	31,1	16,9	6,7	2,2	4,1
PI-10	2,15 a 2,45	13,33	30,0	10,25	1,05	2,78	17,63	18,5	40,9	19,2	15	5,5	1

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat} / (1 + w_{nat})$;

(2) e_{nat} obtido dos corpos de prova dos ensaios triaxiais

(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1 + w_{nat}) / (1 + e)$

(4) Teor de umidade natural "In Situ"

(5) Peso específico natural obtido dos corpos de prova dos ensaios triaxiais

A partir dos ensaios de granulometria, observou-se que o terreno natural é composto por material que varia de silto-areno-argiloso a argila silto arenosa com pequenas quantidades observados de material pedregulhoso, conforme pode ser observado na Tabela 8.4 e na Figura 8-5.

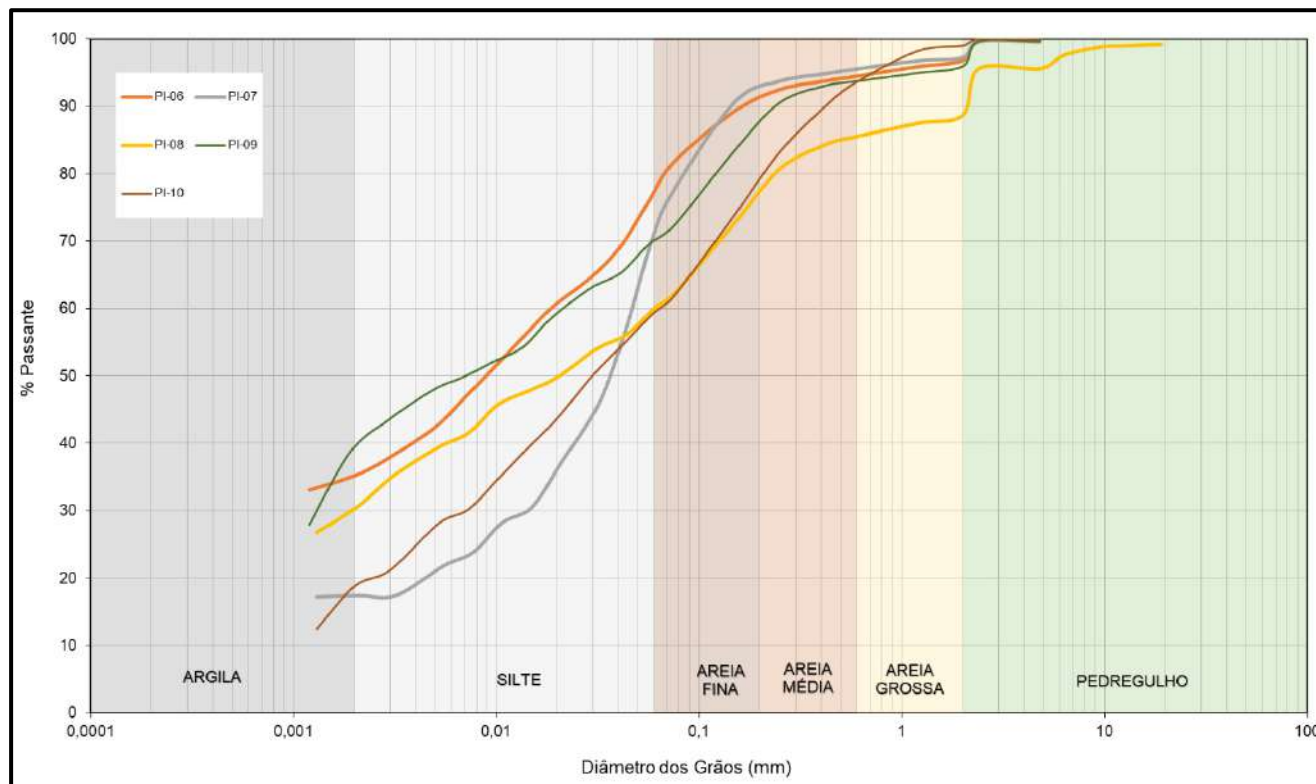


Figura 8-5 - Curvas granulométricas do solo residual de fundação

8.2.4 Reforço - Rejeito de Magnetita Utilizado no Projeto elaborado pela Walm em 2019

Segundo a Mosaic, os rejeitos de magnetita a serem utilizados no alteamento para a elevação 1.210,0 m, terão as mesmas características físicas e propriedades utilizadas no reforço projetado pela Walm em 2019. Com isso, este item tem o objetivo de apresentar os ensaios realizados neste material que foram fornecidos pela Mosaic e encontram-se apresentados no ANEXO A deste relatório.

Os ensaios realizados e disponibilizados, tiveram o intuito de definir o controle tecnológico de compactação deste material para garantir a implantação do reforço supracitado e foram realizadas a cada lote de 10.000 m³ de magnetita utilizada. A partir dos dados da Tabela 8.5, observa-se que o rejeito de magnetita é predominantemente arenoso, variando de granulometria fina a grossa. Pela curva granulométrica (Figura 8-6), observou-se observar que a porcentagem de finos é menor que 10% para ambos os ensaios realizados. Ademais, a partir de ensaios para determinação da permeabilidade em laboratório, obteve-se resultados compatíveis com material de granulometria arenosa (10⁻³ cm/s), como pode ser observado nos resultados de permeabilidade fornecidos. O índice de suporte Califórnia (I.S.C.) obtido variou entre 33 e 45 com uma expansão máxima de 1%.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
		Nº MOSAIC -	PÁGINA 41/144
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Tabela 8.5 - Ensaio para determinação do controle de compactação no aterro de magnetita utilizado no Reforço.

Amostra	Tipo de amostra	Local	Material	ρd max (g/cm³)	h ót (%)	k20 (cm/s)	CBR	
							EXP	I.S.C
1	Deformada	8+00 - Lado Direito - 4ª Cam (Ref:28/05)	Magnetita (10000 m³)	2,952	7,8	9,12E-03	0,01	33,0
2	Deformada	8+00 - Lado Direito - 18ª Cam (Ref:04/06)	Magnetita (20000 m³)	2,971	5,9	7,64E-03	0,00	43,3
3	Deformada	6+00 - Lado Esquerdo - 23ª Cam (Ref:09/06)	Magnetita (30000 m³)	2,985	7,5	6,79E-03	0,00	45,5
4	Deformada	3+10 - Lado Esquerdo - 31ª Cam (Ref:15/06)	Magnetita (40000 m³)	2,998	7,3	6,90E-03	0,01	41,3

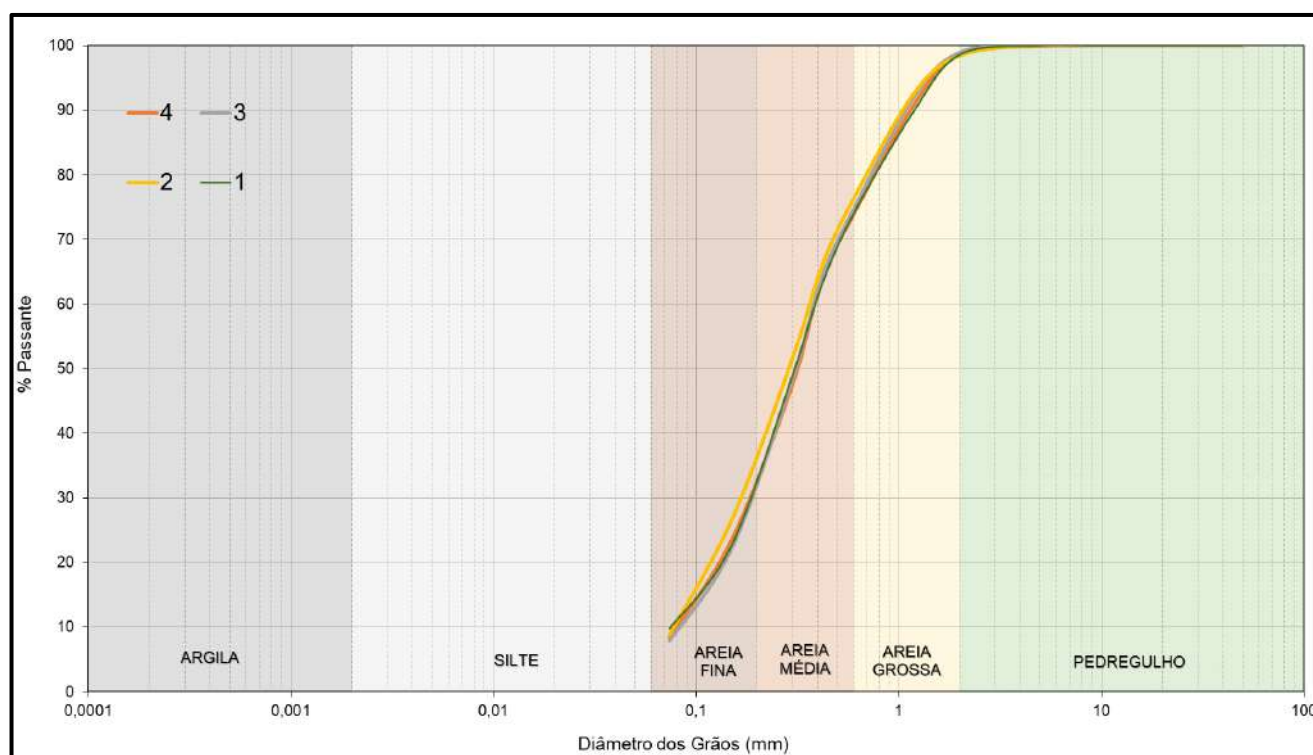


Figura 8-6 – Ensaio de caracterização física do Reforço – Curvas granulométricas da Magnetita.

Os dados do controle de compactação realizados no reforço estão apresentados na Tabela 8.6. Foram realizados um total de 50 ensaios utilizando o método de Hilf. Pode se observar que a média do Grau de Compactação (GC) seco foi de 99,9 % com desvio padrão de 1,4 %.

Além disso, a média do desvio de umidade foi de -0,4%, com um desvio padrão igual a 1,2 %. Com essas considerações, o peso específico “in situ” teve média igual a 31,76 kN/m³, e variou de 30,15 a 33,03 kN/m³.



		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 42/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Tabela 8.6 - Resultado de controle de compactação

Análise Global	Resultados de Laboratório - HILF				Resultados de Campo - HILF							
	Peso Esp. Máximo			Umidade (%)	Peso Específico "in situ"		Umidade (%)	Desvio de Umidade (%)	GC Úmido (%)	GC Seco (%)	Eficiência (%)	
	Ponto 0%	Convertido	Seco	Hot	Úmido	Seco						
Nº de Eventos	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
Média	3,248	3,252	3,043	6,9	3,238	3,041	6,5	-0,4	99,6	99,9	99,7	
Desvio Padrão	0,1	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1	1,1	1,2	1,1	1,4	1,1	
Mínimo	3,100	3,104	2,873	5,4	3,074	2,895	4,1	-2,0	95,4	95,8	95,5	
Máximo	3,354	3,354	3,177	8,9	3,367	3,138	9,2	2,0	101,9	103,0	102,0	

9.0 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Neste item são apresentadas as avaliações geotécnicas utilizadas na determinação do maciço, seções geotécnicas adotadas, os parâmetros geotécnicos dos materiais de fundação, maciço e rejeito e as análises de percolação e estabilidade realizadas para a Barragem BR (Tapira).



Para as análises de Percolação e Estabilidade, foi elaborado um modelo computacional baseado nas investigações geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos até então apresentados. O modelo computacional foi realizado utilizando-se o software Slide da empresa Rocscience, versão 2018. Este modelo levou em consideração os estudos de percolação e estabilidade calibrados através da instrumentação existente na Barragem e suas leituras em um período correspondente aos dois últimos anos. Os itens que seguem apresentam os estudos geotécnicos realizados na Barragem BR.

9.1 ANÁLISES DE PERCOLAÇÃO E ESTABILIDADE – CONDIÇÃO ATUAL – ELEVACÃO 1.200,0 M

9.1.1 Análise De Percolação – Regime Permanente

A partir da análise dos dados de instrumentação verificados nos últimos dois anos foram definidas as condições de variação de pressão neutra e carga piezométrica atuantes nos materiais constituintes da estrutura da Barragem BR. Em função da diferença de nível d'água a montante e a jusante da Barragem, e conseqüentemente, da ocorrência de fluxo de água através dos materiais que constituem a estrutura, se fez necessária a determinação de uma rede de fluxo em regime permanente representativa das condições observadas na instrumentação para as análises de estabilidade que irão subsidiar a nova geometria do maciço.

Para a determinação da rede de fluxo foi utilizado o software Slide da Rocscience. A referida ferramenta aplica o método dos elementos finitos (MEF) ao problema de percolação, determinando a rede de fluxo (linhas de fluxo e equipotenciais de poropressão) a partir de condições de contorno e das condutividades hidráulicas dos materiais.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 43/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

9.1.1.1 Níveis Piezométricos e Freáticos

Para representar a condição inicial de obra, em relação a linha freática, será considerada a condição crítica observada no histórico de dois anos de instrumentação disponibilizada pelo cliente. Tal cenário é justificado pela sazonalidade do nível d'água e o desconhecimento do momento de início e fim da obra de alteamento.

Os instrumentos presentes na seção de análise são listados na Tabela 9.1, na qual são apresentadas as leituras mais recentes, além da máxima e mínima nos últimos dois anos, sendo que as leituras máximas aconteceram no período de novembro de 2018 a fevereiro de 2019.

Tabela 9.1 - Dados da instrumentação utilizada – Seção E-E'

Instrumento	Medições		
	04/2020 (leitura mais atual)	11/2018 a 02/2019 (N.A. máximo dos últimos 2 anos)	08/2019 a 11/2019 (N.A. mínimo dos últimos 2 anos)
INA-05	1.158,8	1.159,8	1.158,2
INA-06	1.147,4	1.152,5	1.146,1
INA-07	1.146,3	1.151,1	1.145,4
INA-104	1.145,5	1.145,5 ⁽¹⁾	1.144,4 ⁽¹⁾
PZ-102	1.149,9	1.150,2 ⁽²⁾	1.148,5 ⁽²⁾
PZ-103	1.147,1	1.147,3 ⁽²⁾	1.145,8 ⁽²⁾
PZ-107	1.145,5	1.145,5 ⁽²⁾	1.144,4 ⁽²⁾

1- Máxima em 04/2020 e mínima em 12/2019.

2- Máximas em 07/2019 e mínimas em 12/2019

9.1.1.2 Condutividades Hidráulicas Obtidas por Calibração do Modelo

As condutividades hidráulicas obtidas na consolidação das investigações geotécnicas (DF19-263-1-EG-RTE-0001) foram aplicadas inicialmente nas análises, porém, no decorrer da modelagem, as permeabilidades foram sendo calibradas, variando-se os valores previamente definidos na consolidação para se obter uma rede de fluxo representativa, tal que a linha freática estabelecida estivesse coerente com os medidores de nível d'água e as equipotenciais com as medições piezométricas.

Tal variação se dá não só devido às incertezas inerentes à medição da permeabilidade em campo ou laboratório, como também, devido à simplificação de modelos 2D em relação à condição real 3D. A Tabela 9.2 apresenta os valores de condutividade hidráulica adotados após calibração do modelo.



		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 44/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Tabela 9.2 - Parâmetros hidráulicos

Material	K (m/s)	K _x /K _y
Rejeito	1,0 x 10 ⁻⁶	1
Magnetita	1,3 x 10 ⁻⁵	1
Solo Residual (Fundação)	1,0 x 10 ⁻⁶	1
Dique de Partida	8,0 x 10 ⁻⁹	1
Enrocamento	1,0 x 10 ⁻³	1
Filtro (Areia)	1,0 x 10 ⁻⁵	1
Brita 1	5,0 x 10 ⁻⁴	1

9.1.1.3 Condição de Contorno e Resultado da Percolação

As condições de contorno consideradas no modelo de percolação da seção E-E' foram ajustadas aos dados obtidos pela instrumentação da barragem (INAs e piezômetros; régua linimétrica). Uma vez que a posição da linha d'água no interior do maciço é variável em função da sazonalidade da região (período chuvoso e período de estiagem), foi considerada a condição crítica para análise. Tal condição consiste no N.A. máximo observado nos instrumentos no período de abrangência dos dados recebidos para os anos de 2017 a 2019.

Dessa forma, foram adicionadas duas condições de contorno: carga total de água a montante no reservatório e carga total de água a jusante no pé do dique. A carga a montante foi definida a partir do nível d'água do reservatório determinado pelas leituras da régua de medição do N.A., enquanto a carga a jusante foi definida a partir da condição de que o fluxo de água passa pela saída do dreno a jusante, localizado no pé do maciço. Logo:

- Carga hidráulica total a montante = 1.193,4 m;
- Carga hidráulica total a jusante = 1.141,6 m.

Após definidas as condições de contorno e calibração das permeabilidades no modelo, a rede de fluxo que mais se adequou aos resultados da instrumentação existente está apresentada na Figura 9-1. Nesta figura também é apresentada a configuração das linhas equipotenciais de carga hidráulica total, carga de montante e jusante. Já na Figura 9-2 é apresentada, além das cargas totais, as linhas de fluxo distribuídas na estrutura da Barragem BR. Comparando-se a carga a montante e a jusante do maciço observa-se que houve perda de 52 m de carga hidráulica ao longo do rejeito de flotação e maciço de magnetita.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

45/144

Nº DF+

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0005

1

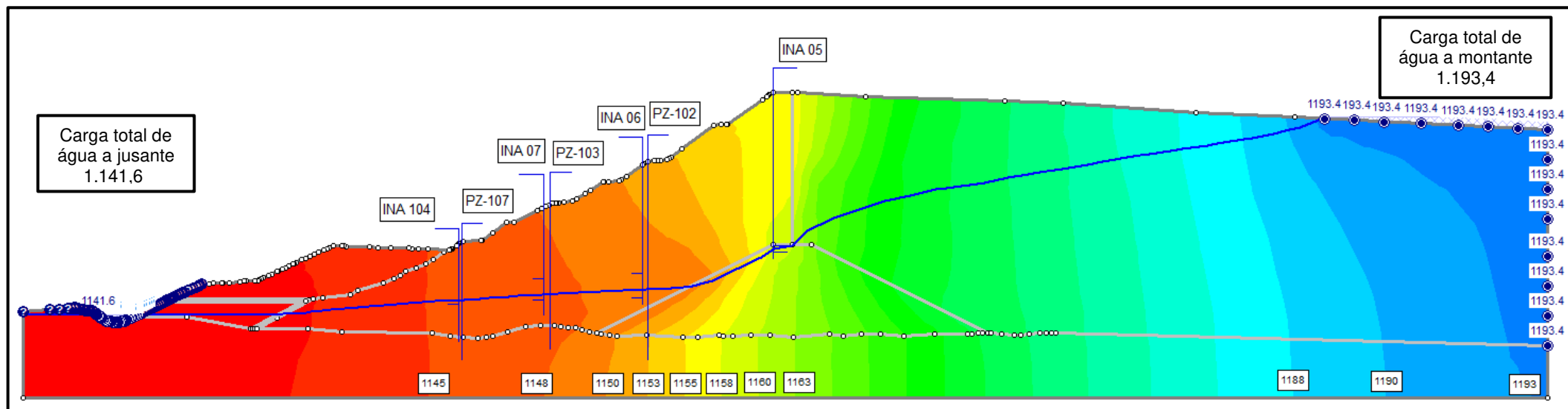


Figura 9-1 – Condições de contorno consideradas no modelo de percolação – seção E-E'.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

46/144

Nº DF+

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0005

1

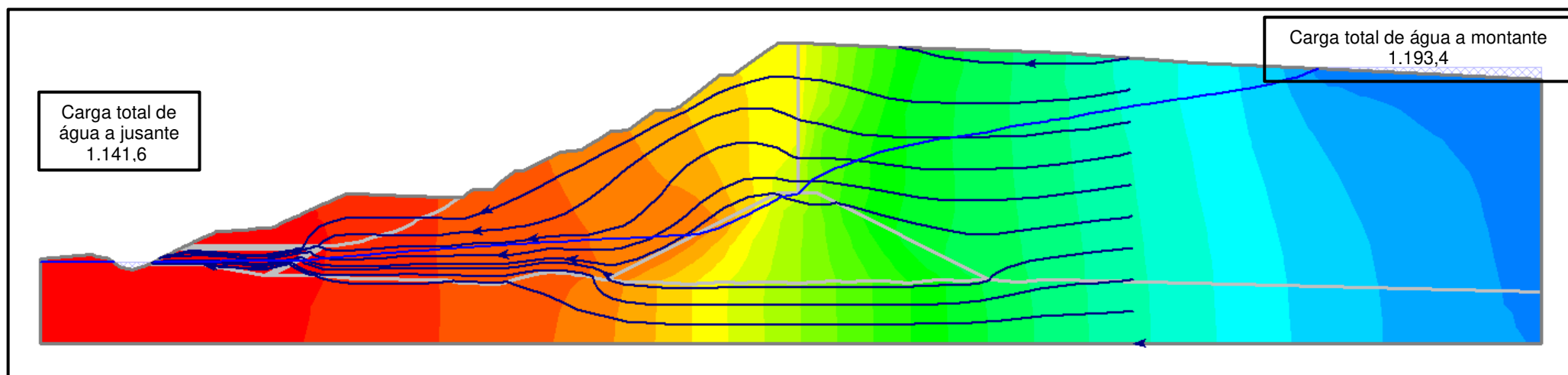



Figura 9-2 – Condições de contorno consideradas no modelo de percolação e linhas de fluxo obtidas – seção E-E'.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 47/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

9.1.2 Análise de Estabilidade

As análises de estabilidade determinísticas aplicam parâmetros não variáveis para quantificar o fator de segurança (FS). Essas análises foram realizadas segundo o critério de ruptura de Mohr–Coulomb e o método de equilíbrio limite, para rupturas circulares.

Para tal, foi utilizado o software Slide desenvolvido pela Rocscience. Adotou-se o método Morgenstern e Price (1967), por se tratar de um método rigoroso, que avalia a estabilidade com base no equilíbrio de forças e também no equilíbrio de momentos.

As análises de estabilidade foram realizadas tanto para a condição atual, quanto para a condição pós alteamento. Para a condição atual será apresentado aqui apenas as análises para as seções D-D' e E-E'. Para a condição pós alteamento, além das seções D-D' e E-E', serão apresentadas, também, as análises para as seções A-A', B-B', C-C' e F-F'.

9.1.2.1 Parâmetros de Resistência



Os parâmetros utilizados nas análises determinísticas foram definidos na consolidação de dados das investigações existentes (DF19-263-1-EG-RTE-0001) e estão resumidos na Tabela 9.3.

Tabela 9.3 – Parâmetros de resistência na condição drenada e não drenada

Material	γ_{nat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c' (kN/m ²)	ϕ' (°)	$\frac{Su}{\sigma'_v}$ pico
Rejeito	19	20	0	36	0,26
Magnetita	28	29	0	34	0,23
Solo Residual (Fundação)	-	17	7	30	-
Dique de Partida	-	19	20	30	-
Enrocamento	-	22	0	40	-
Filtro (Areia)	-	20	0	35	-
Brita 1	-	22	0	35	-

9.1.2.2 Regime de Solicitação Analisado

A Tabela 9.4 apresenta as condições mínimas utilizadas nas análises de estabilidade segundo NBR 13.028/2017, com os fatores de segurança (FS) mínimos sugeridos pela mesma e os adotados pela DF+ para este projeto. Foram verificadas todas as seções instrumentadas do maciço, considerando rupturas circulares e não-circulares pelos métodos de Morgenstern-

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 48/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Price e Spencer, estando apresentadas neste relatório apenas os resultados obtidos pelo método de Morgenstern-Price.

Em relação a resistência ao cisalhamento, as análises de estabilidade foram verificadas para duas condições:

- (i) Condição drenada, que considera resistência ao cisalhamento drenada a partir de envoltória de ruptura de *Mohr-Coulomb* pelos parâmetros efetivos c' e ϕ' ;
- (ii) Condição não drenada, que ocorreria em caso de gatilho de liquefação e ruptura progressiva, sendo analisada a condição de resistência não drenada de pico e resistência não drenada liquefeita.

Além disto, também foram verificadas as condições de sismo, esses tipos de solicitações são geralmente oscilatórias, multidirecionais e atuam apenas por instantes no tempo. Apesar desta resposta complexa, forças estáticas são usadas para representar o efeito do carregamento dinâmico, aplicando-se o método pseudo-estático. Uma análise pseudo-estática representa os efeitos do sismo por acelerações que criam forças inerciais, tais forças atuam no centróide de cada fatia, nas direções horizontal e vertical. As forças são definidas como:

$$F_h = \frac{a_h \cdot W}{g} = k_h \cdot W$$

$$F_v = \frac{a_v \cdot W}{g} = k_v \cdot W$$

Onde a_h e a_v são as acelerações pseudoestáticas verticais e horizontais; g é a aceleração da gravidade; W é o peso da fatia; k_h e k_v são coeficientes correspondentes respectivamente à a_h/g e a_v/g .

Conforme discutido no item 7.3, para a área onde a Barragem BR está situada são indicados coeficientes k_v e k_h de 0,06 na direção vertical e 0,1 na direção horizontal.

Em resumo, para todas as seções foram realizadas quatro diferentes condições de análise, conforme apresentado na Tabela 9.4. Também na tabela estão indicados os Fatores de Segurança (FS) mínimos adotados para cada condição.



		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 49/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Tabela 9.4 – Fatores de Segurança (FS) mínimos

Regime De Solicitação	F.S. mín	F.S. mín
	NBR 13.028/2017	Adotado - Alteamento
Resistência ao cisalhamento drenada para todos os materiais	1,5	1,5
Gatilho de liquefação, carregamento rápido, resistência ao cisalhamento não drenada de pico para o rejeito saturado	1,3	1,5
Gatilho de liquefação, ruptura progressiva, strain-softening, resistência não drenada liquefeita para o rejeito saturado	1,1	1,25
Sismo, resistência não drenada de pico para o rejeito saturado (aceleração de 0,1 na horizontal e 0,06 na vertical)	1,1 ⁽¹⁾	1,1

Nota (1): Para a análise pseudo-estática foram considerados os seguintes valores de referência, conforme apresentado no item 7.3.

- Aceleração horizontal igual a 0,10g (10% da aceleração da gravidade);
- Aceleração vertical igual a 0,06g (6% da aceleração da gravidade).

9.1.2.3 Seções de Ombreira – Instrumentação

Para a seção de ombreira (DD'), não foi possível utilizar os mesmos parâmetros obtidos da percolação anterior (item 9.1.1.3) basicamente em função das condições tridimensionais de fluxo na região. Com isso, foi utilizada para apresentar a condição atual da seção, as leituras atuais da instrumentação instalada na mesma, como apresentado na Tabela 9.5.

Tabela 9.5 - Dados da instrumentação utilizados como condição de início de obra e com N.A máximo dos últimos 2 anos

Seção	Instrumento	Medições
		04/2020 (leitura mais atual)
D-D'	INA-02	Seco
	INA-03	Seco
	INA-04	1.146,7
	INA-105	1.145,6
	PZ-104	1.157,3
	PZ-105	1.136,2
	PZ-108	1.146,0

9.1.2.4 Resultados das Análises de Estabilidade

Para a condição atual da estrutura obteve-se os resultados apresentados na Tabela 9.6 abaixo e suas imagens se encontram no APÊNDICE A deste relatório.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 50/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Tabela 9.6 – Resultados das análises de estabilidade

Cenário	FS _{obt}	
	Seção DD – Freática Simples	Seção EE - Percolação
Resistência ao cisalhamento drenada para todos os materiais (ruptura circular)	1,54	1,55
Gatilho de liquefação, carregamento rápido, resistência ao cisalhamento não drenada de pico para o rejeito saturado (ruptura circular)	1,49	1,41
Sismo, resistência não drenada de pico para o rejeito saturado (aceleração de 0,1 na horizontal e 0,06 na vertical) (ruptura circular)	1.21	1,06

9.2 ANÁLISES DE PERCOLAÇÃO E ESTABILIDADE – CONDIÇÃO PÓS ALTEAMENTO - ELEVAÇÃO 1.210,0 M

Este capítulo apresentará as análises geotécnicas considerando a estrutura na elevação 1.210,0 m. Tais análises serão apresentadas para demonstrar que, após a execução do alteamento, os fatores de segurança mínimos exigidos serão garantidos.

As análises de percolação e estabilidade foram realizadas segundo a configuração apresentada na Figura 9-3. O maciço foi proposto com bermas de 6, 15, 20 e 25 m de largura, altura de 10 m e inclinação 2:1.

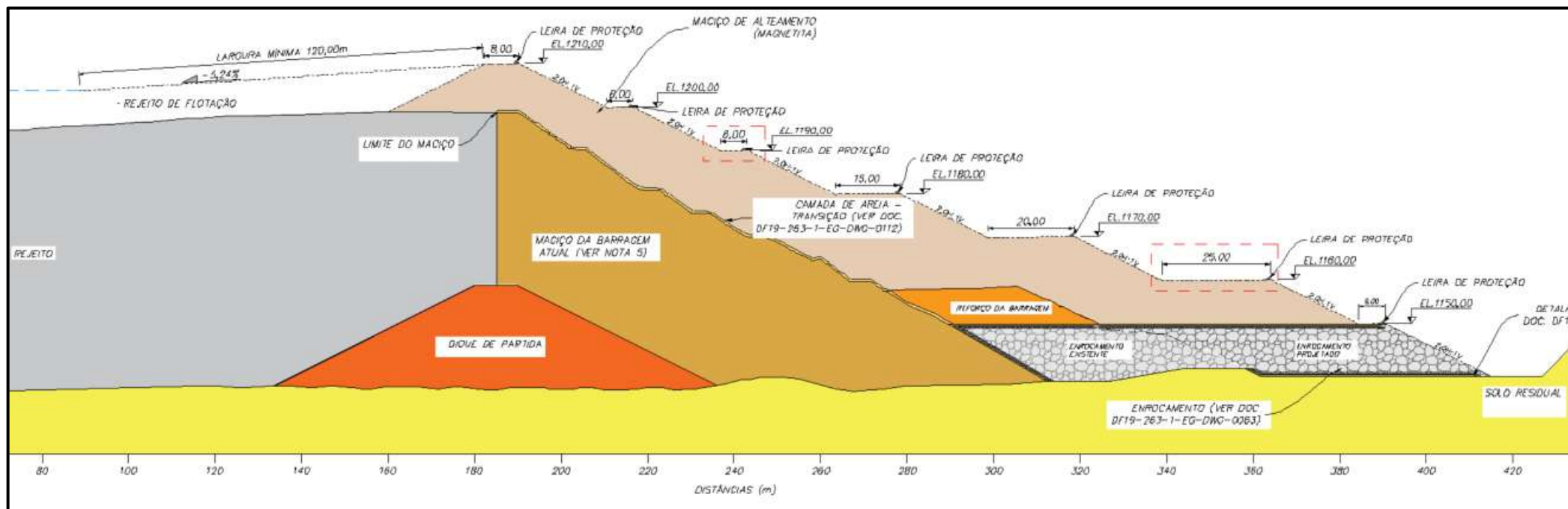




Figura 9-3 – Maciço proposto para o alteamento

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 52/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

9.2.1 Critérios e Premissas

- Todas as premissas e critérios adotados para realização das análises de percolação e estabilidade encontram-se apresentadas no relatório DF19-258-1-EG-RTE-0001.
- Ademais, o fator de segurança mínimo, utilizando a resistência ao cisalhamento não drenada liquefeita deve ser 1,25.

9.2.1 Condição de Contorno e Resultado da Percolação

As condições de contorno consideradas no modelo de percolação da seção E-E' foram ajustadas aos dados obtidos pela instrumentação da barragem (INAs e piezômetros; régua linimétrica), como já foi informado no item 9.1.1.

Dessa forma, estando o modelo já calibrado, definiu-se duas condições de contorno para a elevação 1.210,0 m: carga total de água a montante no reservatório e carga total de água a jusante no pé do dique. A carga a montante foi definida a partir do N.A. *máx maximorum* proveniente dos estudos hidrológicos, enquanto a carga a jusante foi definida a partir da condição de que o fluxo de água passa pela saída do dreno a jusante, localizado no pé do maciço. Logo:

- Carga hidráulica total a montante = 1.203,9 m;
- Carga hidráulica total a jusante = 1.141,6 m.

Após definidas as condições de contorno e calibração das permeabilidades no modelo, a rede de fluxo que mais se adequa aos resultados da instrumentação existente está apresentada na Figura 9-4. Nesta figura também é apresentada a configuração das linhas equipotenciais de carga hidráulica total, carga de montante e jusante. Já na Figura 9-5 é apresentada, além das cargas totais, as linhas de fluxo distribuídas na estrutura da Barragem BR. Comparando-se a carga a montante e a jusante do maciço observa-se que houve perda de 52 m de carga hidráulica ao longo do rejeito de flotação e maciço de magnetita.

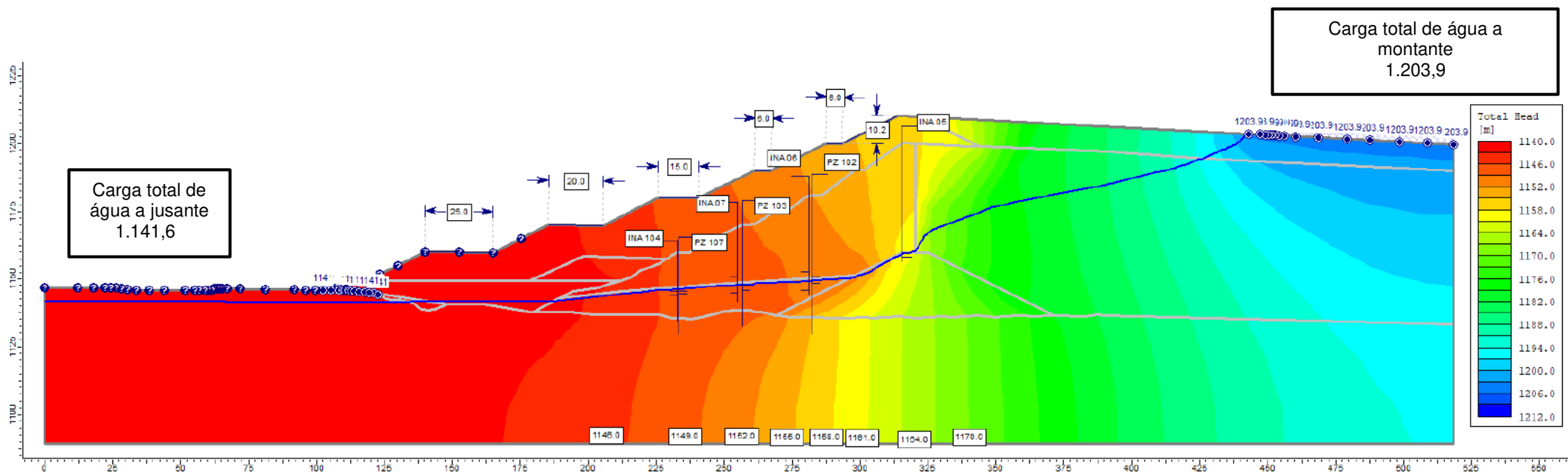


Figura 9-4 – Condições de contorno consideradas no modelo de percolação – seção E-E\'.

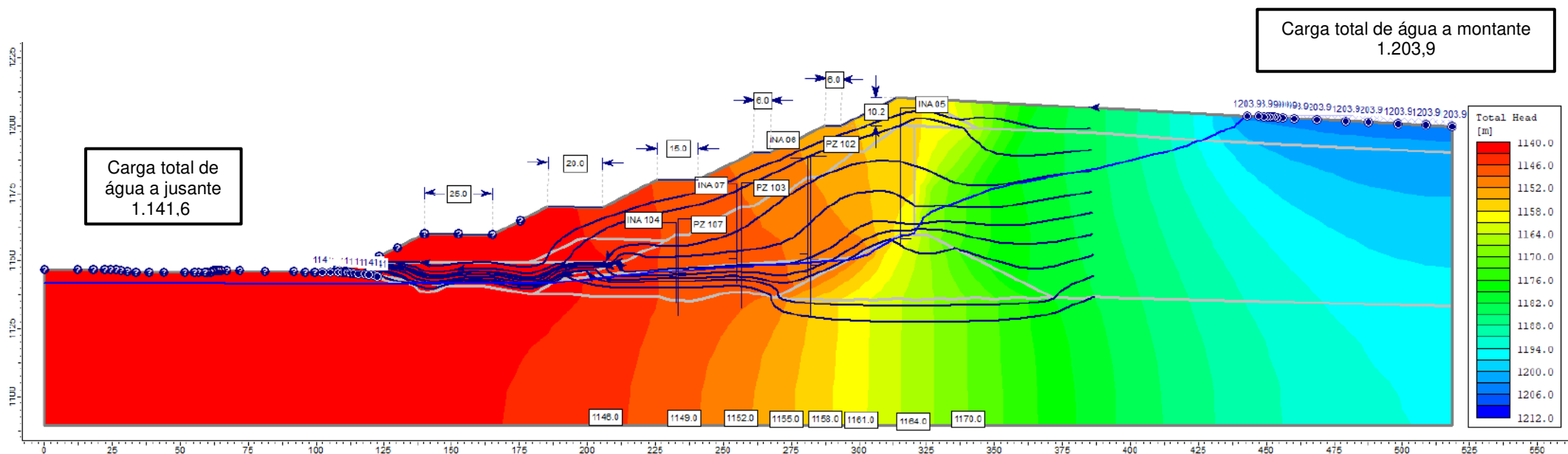


Figura 9-5 – Condições de contorno consideradas no modelo de percolação e linhas de fluxo obtidas – seção E-E'.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 55/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

9.2.2 Análise de Estabilidade

As análises de estabilidade seguiram o mesmo critério já indicado no item 9.1.2, com a ressalva que, para a condição alteada, as análises foram realizadas em todas as seções já apresentadas (AA', BB', CC', DD', EE' e FF'), sendo que, unicamente para a seção EE' utilizou-se da percolação, e para as outras seções, freática simples.

9.2.2.1 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros utilizados nas análises determinísticas foram apresentados no item 9.1.2.1.

9.2.2.2 Regime de Solicitação Analisado

O regime de solicitação foi apresentado no item 9.1.2.2.

9.2.2.3 Seções de Ombreira – Instrumentação

Para as seções de ombreira, não foi possível utilizar os mesmos parâmetros obtidos da percolação anterior (item 9.1.1.3) basicamente em função das condições tridimensionais de fluxo na região. Com isso, para estas seções de ombreira foram utilizadas as leituras máximas dos últimos dois anos (Tabela 9.7) e aplicando o incremento δh de carga observado a partir da calibração executada na seção EE, item 9.1.1.3, quando a mesma foi alteada para a elevação 1.210,0 m.

Tabela 9.7 - Dados da instrumentação utilizados como condição de início de obra e com N.A máximo dos últimos 2 anos

Seção	Instrumento	Medições	
		04/2020 (leitura mais atual)	11/2018 a 02/2019 (N.A. máximo dos últimos 2 anos)
A-A'	INA-09	1.182,3	1.183,1
B-B'	INA-01	Seco	1.165,2
C-C'	INA-102	1.153,2	1.153,2 ⁽¹⁾
	INA-103	1.154,4	1.154,4 ⁽¹⁾
	INA-OE-01	1.154,3	1.154,7 ⁽¹⁾
	PZ-106	1.154,1	1.154,1 ⁽¹⁾
	PZ-109	1.154,3	1.154,3 ⁽¹⁾
D-D'	INA-02	Seco	Seco
	INA-03	Seco	1.152,2
	INA-04	1.146,7	1.151,3
	INA-105	1.145,6	1.145,6
	PZ-104	1.157,3	1.157,3 ⁽¹⁾
	PZ-105	1.136,2	1.136,2 ⁽¹⁾

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC	PÁGINA
		-	56/144
		Nº DF+	REV.
		DF19-263-1-EG-RTE-0005	1

Seção	Instrumento	Medições	
		04/2020 (leitura mais atual)	11/2018 a 02/2019 (N.A. máximo dos últimos 2 anos)
	PZ-108	1.146,0	1.146,0 ⁽¹⁾
F-F'	INA-08	Seco	1.162,7

1 - As máximas históricas foram contabilizadas a partir da sua instalação, já que os instrumentos foram instalados em 2019.

9.2.2.3.1 Condição pós alteamento

Os resultados das análises para as 6 seções instrumentadas encontram-se apresentadas na Tabela 9.8. Observa-se que em todas as seções o fator de segurança atingido foi superior ao preconizado pelas normas brasileiras e aos premissados.

Os resultados com as imagens, para cada seção, encontram-se apresentados no Apêndice B deste relatório.

Tabela 9.8 – Fator de segurança calculado por seção.

Condição da análise			Fator de Segurança (FS)					
			Seção A-A'	Seção B-B'	Seção C-C'	Seção D-D'	Seção E-E'	Seção F-F'
Rejeito com parâmetros de resistência drenada	FS mínimo NBR 13.028/2017		1,5					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m		1,5					
	FS obtido	Circular	1,82	2,07	2,05	2,04	1,91	1,96
		Não circular	1,77	2,05	2,06	2,04	1,92	2,00
Rejeito saturado com resistência não drenada de pico $Su_{(pico)}/\sigma'_v$	FS mínimo NBR 13.028/2017		1,3					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m		1,5					
	FS obtido	Circular	1,82	2,07	1,97	1,89	1,77	1,96
		Não circular	1,77	2,05	1,97	1,90	1,78	2,00
Rejeito saturado com resistência não drenada liquefeito $Su_{(pico)}/\sigma'_v$	FS mínimo NBR 13.028/2017		1,10					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m		1,25					
	FS obtido	Circular	1,82	2,09	1,28	1,26	1,32	1,96
		Não circular	1,88	2,10	1,28	1,25	1,28	2,00

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC	PÁGINA
		-	57/144
		Nº DF+	REV.
		DF19-263-1-EG-RTE-0005	1

Condição da análise		Fator de Segurança (FS)					
		Seção A-A'	Seção B-B'	Seção C-C'	Seção D-D'	Seção E-E'	Seção F-F'
Rejeito saturado com resistência não drenada de pico com sismo $Su_{(pico)}/\sigma'_v$	FS mínimo NBR 13.028/2017	1,10					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m	1,10					
	FS obtido	Circular	1,37	1,51	1,40	1,34	1,28
	Não circular	1,33	1,50	1,40	1,33	1,29	1,49

Nota 1 – Para uma mesma seção foram realizadas 2 análises de estabilidade em momentos distintos, considerando as 4 condições de análises (drenada, não drenada - pico, não drenada - liquefeita e não drenada - sismo) tanto para rupturas circulares, quanto não circulares. A primeira análise mostra de forma global e com os limites de entrada e saída o resultado do fator de segurança mínimo e a locação da cunha de ruptura. De posse de tais informações, foi realizado um refinamento a partir da locação da cunha de ruptura crítica de cada cenário avaliado com o intuito de estudar e corroborar o fator de segurança encontrado anteriormente. Para o dimensionamento, foi considerado a condição que resultou em menor fator de segurança.

9.3 MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DE LIQUEFAÇÃO

O processo sugerido pela DF+ para mitigar o modo de falha de liquefação dos rejeitos de magnetita a serem utilizados no projeto de alteamento da BR para a elevação 1210,0 m envolve três etapas, descritas a seguir:

- 1) Elaboração da geometria do maciço de modo a garantir $F.S._{mín}$ de 1,25, para todas as seções instrumentadas nas análises de estabilidade mobilizando a resistência liquefeita dos materiais;
- 2) Execução de aterro experimental utilizando o rejeito de magnetita que será utilizado no alteamento, com o intuito de mostrar que é possível controlar a densidade deste material e atingir graus de compactação mínimos exigidos pela especificação técnica construtiva;
- 3) Elaboração de relatório técnico justificativo mostrando que a magnetita a ser compactada para construção do alteamento da Barragem BR apresentará comportamento dilatante para as tensões submetidas no mesmo, considerando a Barragem em sua elevação final (1.230 m). Serão utilizados os resultados obtidos no aterro experimental além da realização de ensaios de laboratório.

Cabe ressaltar que o valor de $F.S._{mín}$ de 1,25, face à ausência de normas que estabelecem tal critério, é superior ao mínimo recomendado no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas Pelo Método de Montante, SEMAD/FEAM nº 2781 de 21 de março de 2019 (valor recomendado de 1,1).

9.3.1 Geometria do Maciço da Barragem BR

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 58/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Para determinação da nova geometria do maciço, foi considerado as premissas apresentadas no item 6.0 deste relatório.

9.3.2 Aterro Experimental

A DF+ propôs para o alteamento da BR, a realização de aterro experimental para garantir a execução e controle tecnológico conforme especificado em projeto. Os resultados obtidos, serão avaliados em relatório técnico a ser desenvolvido pela DF+ para confirmar o comportamento dilatante (não susceptível à liquefação) do rejeito de magnetita quando submetido às tensões atuantes no maciço para a EL. 1.230 m.

9.3.3 Mitigação do Processo de Liquefação do Rejeito de Magnetita

A partir dos parâmetros obtidos da Etapa 2, referente ao aterro experimental, será elaborada nova Especificação Técnica de Ensaios de Laboratório para subsidiar a última etapa do processo de mitigação do modo de falha. Com o resultado dos ensaios triaxiais a serem especificados, será possível verificar as trajetórias de tensões correspondentes a cada grau de compactação obtidos da curva de compactação da magnetita, analisar se naqueles pontos o material apresenta comportamento contrátil ou dilatante e concluir acerca da susceptibilidade ou não do rejeito de magnetita à liquefação.

A análise dos ensaios e validação deste processo ocorrerá em etapa posterior, sendo o marco 07 deste projeto e será apresentado no documento DF19-263-1-EG-RTE-0004.

10.0 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS


Os estudos hidrológicos e hidráulicos têm por objetivo a determinação do nível de água máximo *maximorum*, vazões afluentes e efluentes ao reservatório e dimensionamento da drenagem superficial do maciço, considerando o alteamento da crista da Barragem BR para a elevação. 1.210,00 m.

Como a barragem foi classificada com DPA alto, no que tange à vazão de projeto para verificação do sistema extravasor, foi adotado o tempo de retorno de 10.000 anos, conforme preconiza a NBR 13.028/2017.

Para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial também foi utilizada a norma supracitada, que preconiza:

“[...]”

- a) *dispositivos de pequenas vazões, como canaletas de berma e descidas d’água: considerar as vazões calculadas para período mínimo de recorrência de 100 anos; e*
- b) *dispositivos de grandes vazões, tais como canais de coleta e condução d’água: considerar vazões calculadas para períodos mínimos de recorrência de 500 anos.”*

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 59/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Para tanto, foram desenvolvidos estudos de chuvas intensas na região da estrutura, associadas ao risco hidrológico dos eventos, de forma a subsidiar as simulações das estruturas propostas para o sistema extravasor e para drenagem superficial. Tais estudos são apresentados a seguir.

10.1 ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS

10.1.1 Dados Pluviométricos

A caracterização do regime pluviométrico médio anual na área do projeto foi realizada a partir da análise das estações pluviométricas localizadas na região do empreendimento, pertencentes a rede de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE-SP). A relação das estações analisadas está apresentada na Tabela 10.1 e na Figura 10-1.

Tabela 10.1 - Estações pluviométricas próximas ao empreendimento.

Código	Nome	Município	Responsável	Período	Latitude	Longitude	Dist. Proj. (km)	EI. (m)
1946011	Tapira	Tapira	ANA	1974-2019	S 19°55'37"	W 46°49'31"	7,85	-
2047042	Usina São Joaquim	São Joaquim da Barra	DAEE-SP	1931-1971	S 20° 0'0"	W 47° 0'0"	24,52	600,0
1946019	Argenita	Ibiá	ANA	2000-2019	S 19°40'30"	W 46°40'58"	24,76	950,0
2047037	Desemboque	Sacramento	ANA	1971-2019	S 20° 0'49"	W 47° 1'9"	27,11	960,0
1946001	Barreiro do Araxá (INMET)	Araxá	ANA	1941-1943	S 19°36'0"	W 46°53'60"	29,55	975,0
1946002	Araxá (INMET)	Araxá	ANA	1941-1978	S 19°34'60"	W 46°53'60"	31,43	950,0
1947025	Itaipu	Araxá	ANA	2000-2019	S 19°36'1"	W 47°12'32"	49,55	-

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 60/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

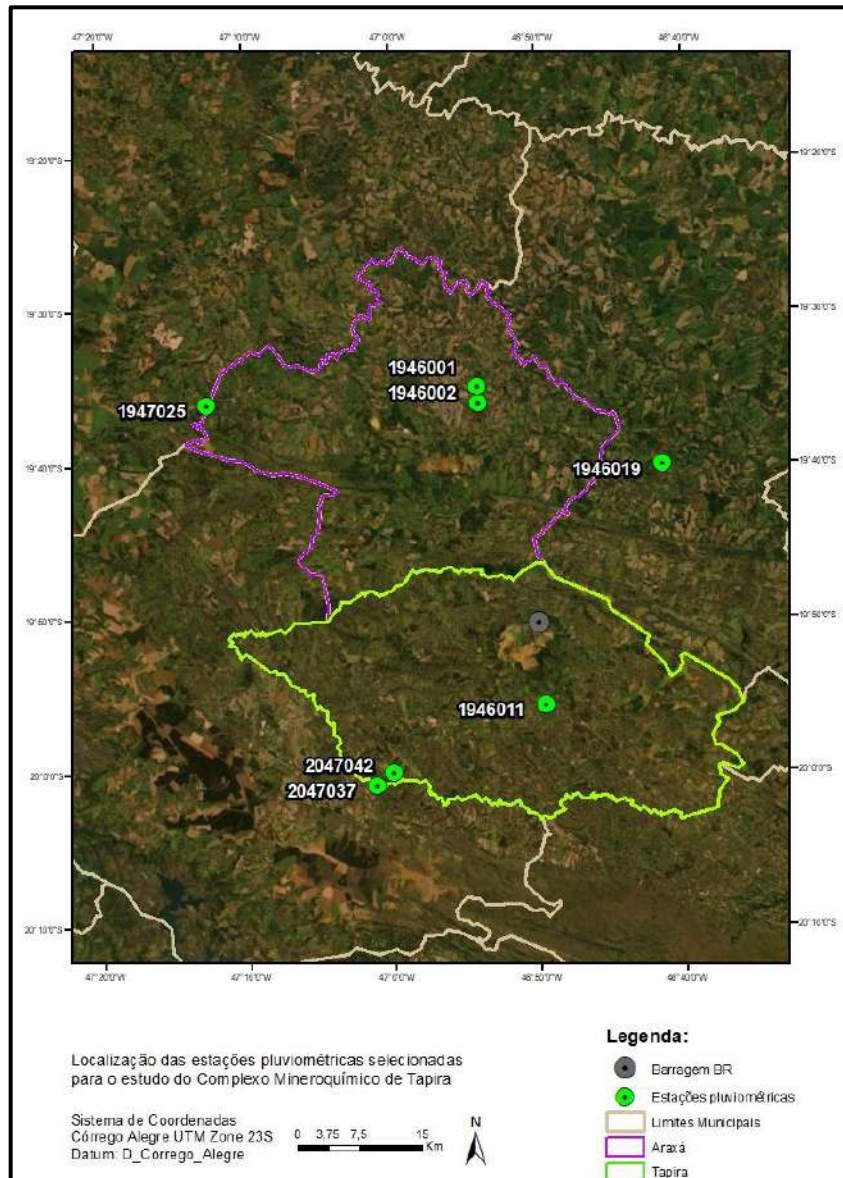


Figura 10-1 - Mapa de localização das estações pluviométricas selecionadas.

10.1.2 Escolha da Estação de Referência

Para seleção da estação e caracterização pluviométrica selecionou-se aquela que apresentou qualidade de dados (menor número de falhas), homogeneidade nas informações, extensão da série, como também, consistência dentro de uma visão regional e proximidade com o projeto.

Assim, a partir da análise dos dados, a estação tomada como representativa para auxiliar nos estudos, foi a estação Tapira (código ANA 1946011). Na Tabela 10.2 são apresentadas as informações da estação selecionada.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC	-	PÁGINA 61/144
	Nº DF+	DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Tabela 10.2 - Dados da Estação Tapira.

Dados da Estação	
Código	1946011
Nome	Tapira
Bacia	6 - Rio Paraná
Sub-bacia	60 - Rio Parnaíba
Estado	Minas Gerais
Município	Tapira
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	S 19°55'37"
Longitude	W 46°49'31"
Período de dados disponível	1974 a 2019

10.1.3 Chuvas de Projeto

O cálculo das chuvas de projeto foi realizado utilizando apenas os dados consistidos de altura de chuva diária da estação Tapira (ANA), correspondentes ao período de 1974 a 2019. Inicialmente, para o período de dados disponível, foram selecionados os valores máximos anuais de altura de chuva diária para cada ano hidrológico.

Devido ao extenso período de dados disponíveis, foi realizada uma supressão dos anos com falhas, com base no ano hidrológico. Desse modo, os anos hidrológicos considerados para este estudo foram apenas os apresentados na Tabela 10.3.

Tabela 10.3 - Precipitações máximas utilizadas no estudo.

Registros de Máximos Anuais de 24 horas					
Ano hidrológico	P (mm)	Ano hidrológico	P (mm)	Ano hidrológico	P (mm)
1975 / 1976	91,0	1991 / 1992	68,4	2005 / 2006	88,5
1976 / 1977	83,0	1992 / 1993	72,4	2006 / 2007	65,7
1977 / 1978	69,0	1993 / 1994	70,0	2007 / 2008	106,8
1978 / 1979	96,4	1994 / 1995	71,0	2008 / 2009	81,4
1979 / 1980	58,4	1995 / 1996	53,8	2009 / 2010	85,3
1980 / 1981	76,2	1996 / 1997	80,2	2010 / 2011	90,0
1981 / 1982	81,6	1997 / 1998	57,6	2011 / 2012	106,8
1982 / 1983	56,8	1998 / 1999	63,4	2012 / 2013	83,5
1983 / 1984	67,0	1999 / 2000	65,7	2013 / 2014	71,6
1984 / 1985	68,2	2000 / 2001	76,4	2015 / 2016	98,0
1985 / 1986	55,4	2001 / 2002	85,2	2016 / 2017	109,2

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -		PÁGINA 62/144
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005		REV. 1

Registros de Máximos Anuais de 24 horas					
Ano hidrológico	P (mm)	Ano hidrológico	P (mm)	Ano hidrológico	P (mm)
1986 / 1987	99,9	2002 / 2003	72,8	2017 / 2018	98,8
1989 / 1990	77,0	2003 / 2004	79,4	2018 / 2019	62,6
1990 / 1991	72,8	2004 / 2005	65,8		

Em sequência, os pontos de chuva máxima foram agrupados, ordenados e plotados, empregando-se a posição de plotagem de Weibull, determinando-se as probabilidades amostrais. Buscou-se então o melhor ajuste de um modelo de distribuição probabilística à sequência ordenada de eventos, de forma a obterem-se as alturas de chuva para tempos de retorno específicos.

Aos pontos amostrais (distribuição de probabilidades empírica), foram ajustadas as seguintes distribuições de probabilidades teóricas: Log-Normal de 2 Parâmetros, Gumbel, Exponencial, Pearson Tipo III, Log-Pearson Tipo III e Generalizada de Valores Extremos (GEV), segundo o método dos momentos-L, conforme apresentado na Figura 10-2.

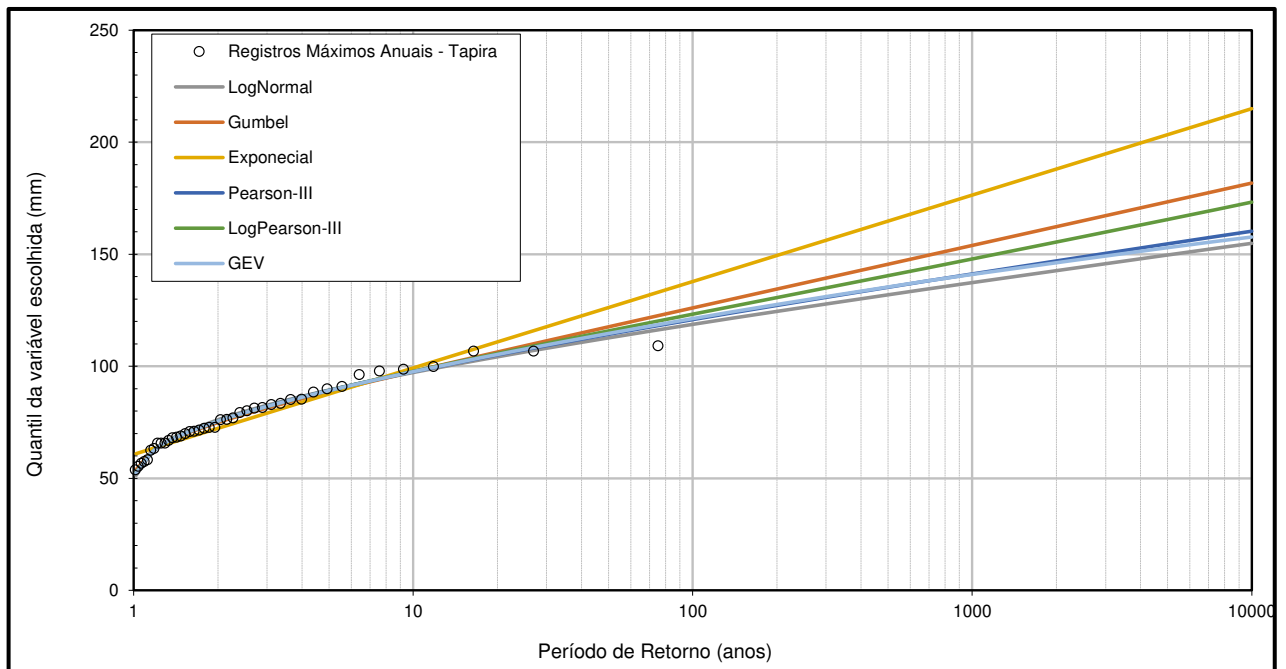


Figura 10-2 - Análise de frequência de máximos anuais de altura de chuva diária.

A análise da Figura 10-2 permite verificar que as curvas das distribuições teóricas utilizadas apresentam um bom ajuste em relação aos dados observados, sobretudo quando observadas as caudas inferiores. Caso o objetivo do estudo fosse determinar valores de referência inferiores a 20 anos, as diversas distribuições levariam a resultados muito semelhantes. Entretanto, para valores superiores a 20 anos, as curvas das distribuições apresentam divergências crescentes.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 63/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

As distribuições Log-Pearson Tipo III e GEV apresentam bons ajustes aos dados plotados, em toda a extensão de dados existente. No entanto, a cauda superior da distribuição Exponencial é de grande peso e não apresenta limite superior, retornando quantis de precipitação de baixas probabilidades de ocorrência com uma tendência muito mais elevada do que o esperado na realidade.

Observa-se que os quantis de precipitação, obtidos através da análise de frequências realizada, referem-se a precipitações diárias. Para a transformação em chuvas de 24 horas e desagregação em alturas de chuvas de menor duração, foi utilizada a seguinte metodologia:

Multiplicação das alturas pluviométricas máximas obtidas na análise de frequência de 1 dia de duração (através da função de distribuição exponencial) pelo fator 1,095, recomendado por Torga (1974), para transformação de valores diários em valores contínuos de 24 horas (apenas para chuvas diárias).

Determinação das relações entre a chuva de duração de 24 horas e durações inferiores a este valor (alturas pluviométricas), para cada tempo de retorno, utilizando os quantis referentes à equação IDF obtida pelo *software* Plúvio 2.1, para a localidade “Tapira” (MG), com os coeficientes:

k	239,74
a	0,156
b	25,86
c	0,904

Aplicados à Equação 10-1 (FREITAS et al, 2001):

$$i_m = \frac{k \cdot T^a}{(t + b)^c}$$

Equação 10-1

Em que:

- i_m denota intensidade média de precipitação (mm/h);
- T denota período de retorno (anos);
- t denota duração da precipitação em minutos; e
- k, a, b, c denota parâmetros de ajuste em função da localidade.

Os quantis de altura de chuva obtidos a partir desta distribuição, para diversos tempos de retorno e durações de eventos chuvosos, estão apresentados na Tabela 10.4.


				PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m			
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO				Nº MOSAIC -		PÁGINA 64/144	
				Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005		REV. 1	

Tabela 10.4 – Relação altura-duração-frequência.

ALTURA PLUVIOMETRICA - P (mm)												
DURAÇÃO	PERIODO DE RETORNO - T (ANOS)											
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000	5000	10000	
minutos	5	9,4	11,1	12,2	13,4	14,3	15,1	15,9	16,9	17,6	19,1	19,7
	10	16,4	19,4	21,3	23,4	25,0	26,4	27,8	29,5	30,7	33,3	34,3
	15	21,9	25,9	28,3	31,2	33,3	35,2	37,0	39,3	40,9	44,4	45,8
	20	26,3	31,1	34,0	37,5	40,0	42,3	44,5	47,2	49,2	53,3	55,0
	25	33,1	39,0	42,7	47,1	50,2	53,1	55,8	59,2	61,7	66,9	69,0
	30	40,0	47,2	51,7	57,0	60,7	64,2	67,5	71,7	74,6	81,0	83,5
horas	1	51,3	60,5	66,3	73,1	77,8	82,3	86,6	91,9	95,7	103,8	107,0
	2	61,0	72,0	78,8	86,9	92,6	97,9	103,0	109,3	113,8	123,5	127,3
	3	64,5	76,2	83,4	92,0	98,0	103,6	109,0	115,7	120,5	130,7	134,7
	4	69,1	81,6	89,3	98,5	104,9	111,0	116,7	123,9	129,0	140,0	144,3
	6	72,2	85,2	93,2	102,8	109,5	115,9	121,9	129,3	134,7	146,1	150,6
	8	74,4	87,8	96,1	106,0	112,9	119,5	125,7	133,4	138,9	150,6	155,3
	10	76,2	89,9	98,5	108,6	115,7	122,3	128,7	136,6	142,2	154,3	159,0
	12	77,7	91,7	100,4	110,7	117,9	124,7	131,2	139,2	145,0	157,3	162,1
	14	80,1	94,5	103,4	114,1	121,5	128,5	135,2	143,5	149,4	162,1	167,1
	24	82,7	97,7	106,9	117,9	125,6	132,8	139,7	148,3	154,4	167,5	172,7
	48	105,5	127,3	139,4	153,1	162,2	170,7	178,6	188,5	195,6	211,1	217,5
	72	127,0	160,0	181,1	207,0	226,1	244,9	263,6	288,5	307,6	352,9	372,9
dias	5	151,6	186,6	209,8	239,1	260,9	282,4	303,9	332,3	353,7	403,5	424,9
	7	174,5	216,6	248,5	290,6	322,5	354,4	386,2	428,4	460,2	534,2	566,1
	10	350,8	421,8	464,2	513,5	547,8	580,2	611,3	650,9	679,9	744,8	771,9
	30	415,2	504,6	563,9	638,7	694,2	749,3	804,2	876,6	931,3	1.058,4	1.113,1

De posse dos valores apresentados na Tabela 10.4, foram elaboradas a Tabela 10.5 e a Figura 10-3 com a relação intensidade, duração e frequência (IDF) para as chuvas com diversos períodos de retorno.

Tabela 10.5 - Relação intensidade-duração-frequência.

INTENSIDADE DA CHUVA - I (mm/h)												
DURAÇÃO	PERIODO DE RETORNO - T (ANOS)											
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000	5000	10000	
minutos	5	113,0	133,4	146,1	161,1	171,6	181,5	190,9	202,6	211,0	228,9	236,0
	10	98,7	116,5	127,5	140,6	149,8	158,5	166,7	176,9	184,2	199,8	206,0
	15	87,7	103,5	113,3	125,0	133,1	140,8	148,1	157,2	163,7	177,6	183,1
	20	79,0	93,3	102,1	112,6	119,9	126,9	133,4	141,6	147,5	160,0	164,9
	25	79,3	93,6	102,5	113,0	120,4	127,4	134,0	142,2	148,1	160,6	165,6
	30	80,0	94,4	103,3	114,0	121,4	128,4	135,1	143,4	149,3	161,9	166,9
horas	1	51,3	60,5	66,3	73,1	77,8	82,3	86,6	91,9	95,7	103,8	107,0
	2	30,5	36,0	39,4	43,5	46,3	49,0	51,5	54,7	56,9	61,7	63,7
	3	21,5	25,4	27,8	30,7	32,7	34,5	36,3	38,6	40,2	43,6	44,9

INTENSIDADE DA CHUVA - I (mm/h)												
DURAÇÃO	PERÍODO DE RETORNO - T (ANOS)											
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000	5000	10000	
dias	4	17,3	20,4	22,3	24,6	26,2	27,7	29,2	31,0	32,3	35,0	36,1
	6	12,0	14,2	15,5	17,1	18,3	19,3	20,3	21,6	22,4	24,3	25,1
	8	9,3	11,0	12,0	13,3	14,1	14,9	15,7	16,7	17,4	18,8	19,4
	10	7,6	9,0	9,8	10,9	11,6	12,2	12,9	13,7	14,2	15,4	15,9
	12	6,5	7,6	8,4	9,2	9,8	10,4	10,9	11,6	12,1	13,1	13,5
	14	5,7	6,7	7,4	8,1	8,7	9,2	9,7	10,2	10,7	11,6	11,9
	24	3,4	4,1	4,5	4,9	5,2	5,5	5,8	6,2	6,4	7,0	7,2
	48	2,2	2,7	2,9	3,2	3,4	3,6	3,7	3,9	4,1	4,4	4,5
	72	1,8	2,2	2,5	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,9	5,2
dias	5	1,3	1,6	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	2,9	3,4	3,5
	7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,2	3,4
	10	1,5	1,8	1,9	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	3,1	3,2
	30	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,5

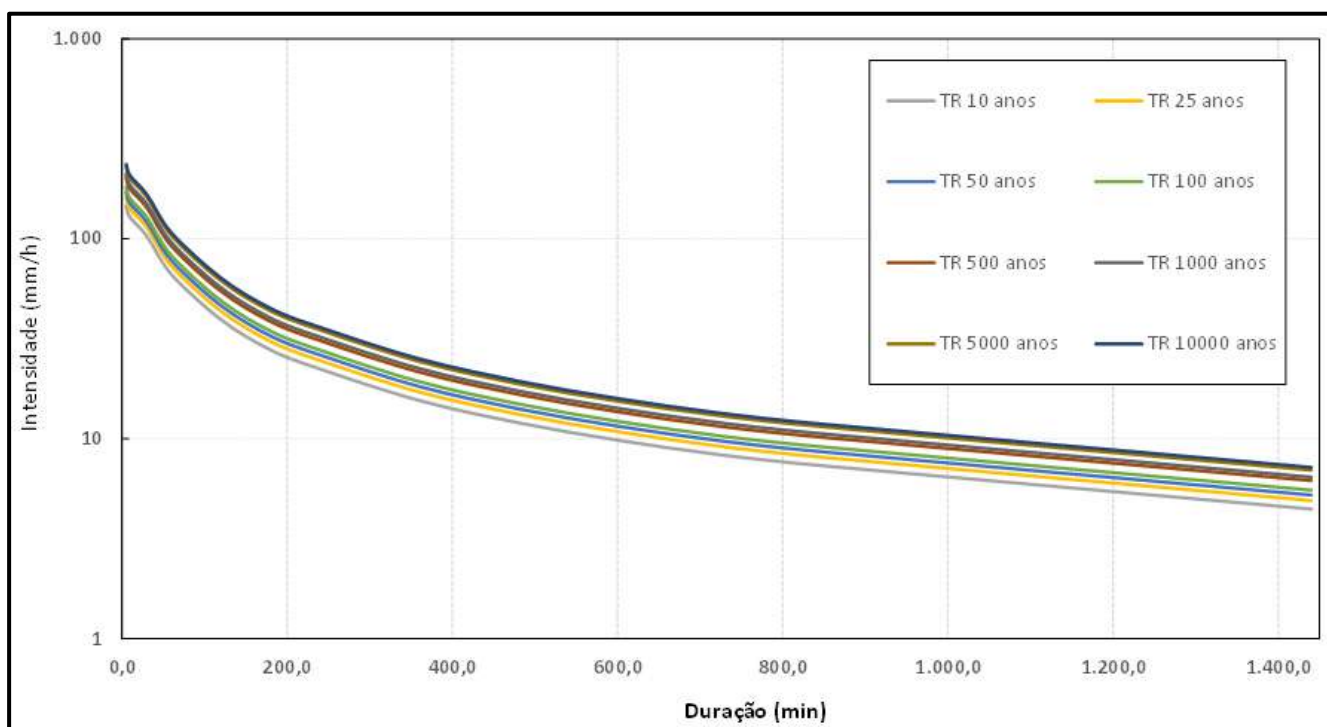



Figura 10-3 - Curvas IDF para diversos períodos de retorno.

10.2 RISCO HIDROLÓGICO

Define-se risco hidrológico, associado a um quantil de precipitação, como sendo a probabilidade desse quantil ser igualado ou superado, pelo menos uma vez, em um período (n) de anos. Notoriamente, esse período pode representar, por exemplo, a vida útil de uma dada obra hidráulica.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 66/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

A Equação 10-2, a seguir, apresenta a relação existente entre risco hidrológico, vida útil e tempo de retorno, sendo que a última variável está intimamente ligada ao conceito de probabilidade.

$$RH = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR}\right)^{VU} \quad \text{Equação 10-2}$$

Em que:

- RH denota o risco hidrológico.
- TR denota o tempo de retorno, em anos.
- VU denota a vida útil da estrutura, em anos.

Ilustrativamente, a Tabela 10.6 apresenta valores de risco hidrológico como função do tempo de retorno e da vida útil. Essa tabela pode funcionar como um primeiro indicador para a gestão dos riscos frente à ocorrência de cheias e, por conseguinte, as tomadas de decisão em face das possibilidades de falha de estruturas hidráulicas.

Tabela 10.6 - Risco Hidrológico (%).

Vida útil (anos)	Tempo de retorno (anos)						
	5	10	25	50	100	1.000	10.000
1	20,000	10,000	4,000	2,000	1,000	0,100	0,010
2	36,000	19,000	7,840	3,960	1,990	0,200	0,020
5	67,232	40,951	18,463	9,608	4,901	0,499	0,050
10	89,263	65,132	33,517	18,293	9,562	0,996	0,100
20	98,847	87,842	55,800	33,239	18,209	1,981	0,200
30	99,876	95,761	70,614	45,452	26,030	2,957	0,300
50	99,999	99,485	87,011	63,583	39,499	4,879	0,499

Dessa forma, haja vista a premissa de utilização de 10.000 anos de tempo de recorrência para o dimensionamento do sistema extravasor e de 500 anos e 100 anos para as estruturas de drenagem superficial, pode-se obter com os dados acima o risco hidrológico associado à estrutura em função da vida útil da estrutura.

10.3 VAZÃO DE PROJETO DO SISTEMA EXTRAVASOR

10.3.1 Geração dos Hietogramas de Precipitação Total

Para a geração dos hietogramas da chuva total, os quantis pontuais Tabela 10.4, distribuídos no tempo segundo a metodologia apresentada na publicação “*Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms*” (HUFF, 1967).

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 67/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

10.3.2 Geração dos Hietogramas de Precipitação Efetiva

Os hietogramas totais foram transformados em efetivos por meio da metodologia proposta pelo *Soil Conservation Service* (SCS, 1974). Nesse sentido, as condições de uso e ocupação do solo nos terrenos a montante do reservatório foram mapeadas para a determinação dos parâmetros do modelo SCS.

Esta metodologia encontra-se incorporada ao *software* HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*), em sua versão 4.2.1, elaborado pelo *Hydrologic Engineering Center* do *U.S. Army Corps of Engineers*. Portanto, esse aplicativo foi utilizado para a geração dos hietogramas efetivos.

10.3.3 Transformação Chuva-Vazão

O cálculo dos hidrogramas de escoamento superficial foi realizado por meio da convolução dos hietogramas efetivos, utilizando-se a metodologia do Hidrograma Unitário Triangular Sintético (HUTS), proposto pelo NRSC, construído a partir das características geomorfológicas das bacias de contribuição, como, por exemplo, a área de drenagem.

Salienta-se que a metodologia de construção do HUTS do NRSC encontra-se incorporada ao HEC-HMS, de forma que este aplicativo foi também utilizado para a transformação chuva-vazão.

10.3.4 Curva de Descarga

O emboque do sistema extravasor da Barragem BR é composto por canal trapezoidal de 4,00 m de base, altura variável ao longo da estrutura e com declividade das paredes de 1,5H:1,0V, sendo que o canal possui revestimento de concreto projetado em até 3,00 m de altura, após o canal e revestido de grama.

A determinação da curva de descarga do extravasor da Barragem Marés I foi efetuada por meio do *software* HEC-RAS, versão 5.0.7 (*US Army Corps of Engineers*). A geometria do canal foi inserida no *software* de modo a obter as sobrelevações no reservatório para diversas vazões. As premissas adotadas para modelagem da calha do sistema extravasor serão detalhadas no Item 10.4.

A curva de descarga está apresentada na Figura 10-4 e na Tabela 10.7 a seguir:

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 68/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

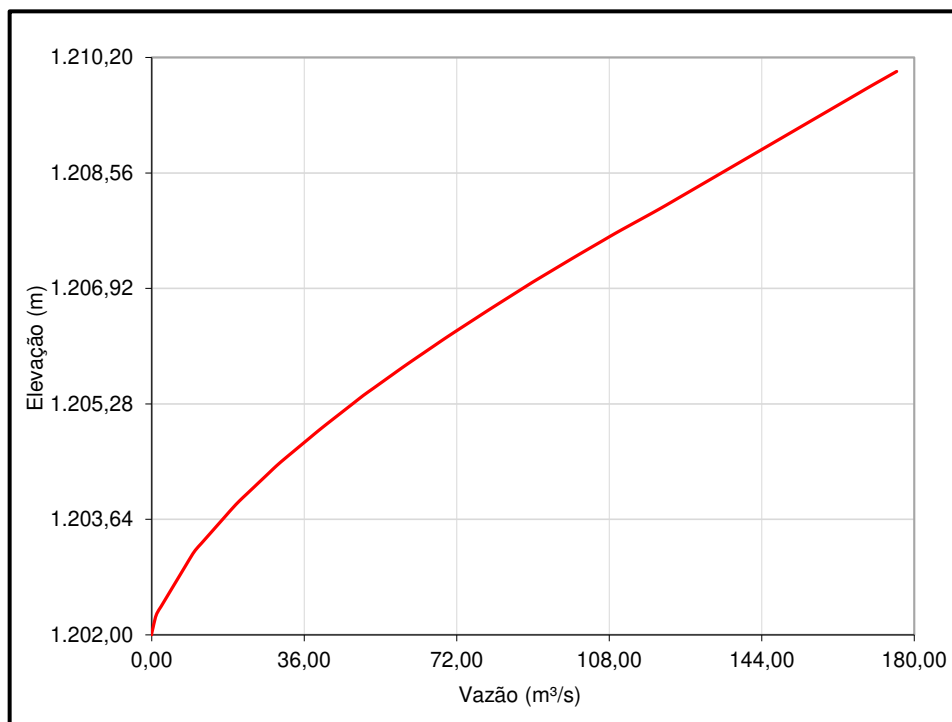


Figura 10-4 - Curva de descarga do vertedouro da Barragem BR.

Tabela 10.7 – Curva de descarga do vertedouro em canal da Barragem BR.

Elevação (m)	Vazão (m³/s)	Elevação (m)	Vazão (m³/s)
1.202,00	0,00	1.206,00	64,15
1.202,50	3,20	1.206,50	76,67
1.203,00	8,20	1.207,00	89,74
1.203,50	14,71	1.208,00	118,48
1.204,00	22,46	1.208,50	132,86
1.204,50	31,40	1.209,00	147,14
1.205,00	41,49	1.209,50	161,43
1.205,50	52,33	1.210,00	175,88

10.3.5 Curva Elevação x Volume do Reservatório

Para a simulação do trânsito de cheias na Barragem BR foi considerado que o reservatório estivesse com o NA na elevação da soleira (1.202,00 m), na iminência do vertimento. A curva Elevação-Volume foi determinada a partir da topografia fornecida e do último cenário de disposição de rejeito projetado para a barragem, apresentado no desenho DF19-258-1-EG-DWG-0012, proveniente dos estudos de disposição de rejeitos na Barragem BR, apresentados nos itens subsequentes.

A curva Elevação-Volume da Barragem BR, utilizada no estudo, é apresentada na Figura 10-5 e na Tabela 10.8.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 69/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

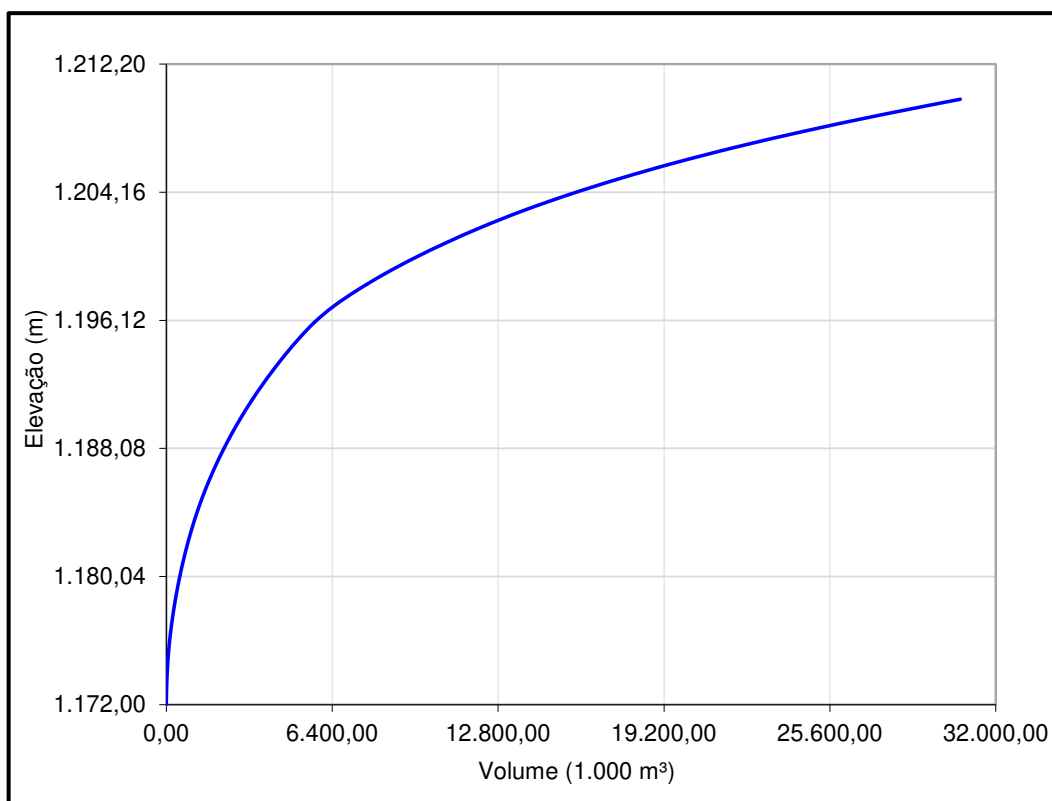




Figura 10-5 - Curva Elevação-Volume do reservatório da Barragem BR.

Tabela 10.8 - Relação Elevação-Volume do reservatório da Barragem BR após disposição de rejeitos.

Elevação (m)	Volume (m)	Elevação (m)	Vazão (m³)
1.172,00	0,00	1.192,00	3.677.131,43
1.173,00	13.197,09	1.193,00	4.125.370,85
1.174,00	36.445,22	1.194,00	4.607.778,88
1.175,00	74.111,06	1.195,00	5.133.020,91
1.176,00	129.911,39	1.196,00	5.719.656,35
1.177,00	203.500,18	1.197,00	6.451.037,44
1.178,00	292.873,85	1.198,00	7.356.543,62
1.179,00	397.320,06	1.199,00	8.382.691,09
1.180,00	517.227,40	1.200,00	9.532.234,37
1.181,00	653.752,67	1.201,00	10.807.358,63
1.182,00	808.040,35	1.202,00	12.205.112,28
1.183,00	981.001,75	1.203,00	13.760.392,09
1.184,00	1.174.651,22	1.204,00	15.508.438,75
1.185,00	1.392.369,26	1.205,00	17.449.808,28
1.186,00	1.636.005,59	1.206,00	19.599.647,63
1.187,00	1.905.835,77	1.207,00	21.987.983,62

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 70/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Elevação (m)	Volume (m)	Elevação (m)	Vazão (m ³)
1.188,00	2.202.254,11	1.208,00	24.629.258,08
1.189,00	2.526.011,19	1.209,00	27.513.011,92
1.190,00	2.878.575,02	1.210,00	30.628.002,78
1.191,00	3.261.759,31		

Destaca-se que o NA inicial da simulação é na elevação 1.202,00 m, sendo, portanto, os últimos 8,00 m da curva possíveis de se mobilizar no trânsito de cheias.

10.3.6 Trânsito de Cheias pelo Reservatório

A simulação do trânsito de cheia pelo reservatório da Barragem BR foi realizada por meio do método de Puls Modificado, que simula o escoamento em reservatório por meio da discretização em diferenças finitas da equação do balanço hídrico, além de utilizar a relação entre armazenamento e vazão efluente, empregando as características das curvas de descarga do vertedouro e da curva cota-volume do reservatório.

O método de Puls Modificado encontra-se incorporado ao modelo HEC-HMS.

10.3.7 Determinação da chuva, cheia e vazão de projeto

Para determinar a chuva de projeto foram considerados os eventos de precipitação associados a 1.000 e 10.000 anos de tempos de retorno. A chuva de projeto adotada é aquela cuja duração gera o maior volume de armazenamento no reservatório ou a maior sobre-elevação do nível de água no interior do reservatório, quando da passagem da cheia derivada dessa chuva. A duração desse evento de precipitação é denominada “duração crítica”.

Entende-se por cheia de projeto aquela efluente ao reservatório, gerada pelo trânsito da cheia afluente derivada da chuva de projeto. A vazão de projeto do vertedouro será, portanto, a vazão de pico de sua cheia de projeto.

10.3.8 Caracterização Geomorfológica e Parâmetros de Modelagem

Para delimitação da bacia de contribuição da Barragem BR, utilizou-se base topográfica gratuita, obtida pelo projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução de 30 metros, disponibilizados pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA. As curvas de nível foram utilizadas para geração do modelo digital de elevação – MDE.

Para tanto, foi realizada a seguinte rotina de etapas no *software* ArcGIS 10.0, que envolve ferramentas do “*Spatial Analyst tools*”:

- *Fill*: preenche a superfície do raster removendo pequenas imperfeições;
- *Flow Direction*: gera um mapa de direção de fluxo do raster, pixel a pixel;
- *Flow Accumulation*: calcula o fluxo acumulado;

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 71/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

- *Watershed*: delimita a bacia hidrográfica com base em um ponto de referência; e
- *Raster to Features*: transforma o raster gerado em polígono.

O uso do *software* para este fim elimina, a princípio, a subjetividade inerente ao traçado manual da bacia a partir das curvas de nível da base topográfica. O resultado extraído do *software* passa, posteriormente, por ajuste fino, realizado manualmente com o auxílio da ferramenta *Waterdrop*, no *software* AutoCAD.

A área de contribuição da Barragem BR apresenta, segundo mapeamento dos solos de MG realizado por UFV / CETEC / UFLA / FEAM (2010), o solo do tipo CXbd20 que corresponde a “argilosa + latosolo vermelho-amarelo distrófico típico A moderado com textura argilosa”. Sartori (2005) sugere para este tipo de solo a classificação no grupo hidrológico C adotada pelo método do SCS (1986).

A área de contribuição foi caracterizada quanto a cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, sendo o mapeamento resultando apresentado na Figura 10-6.

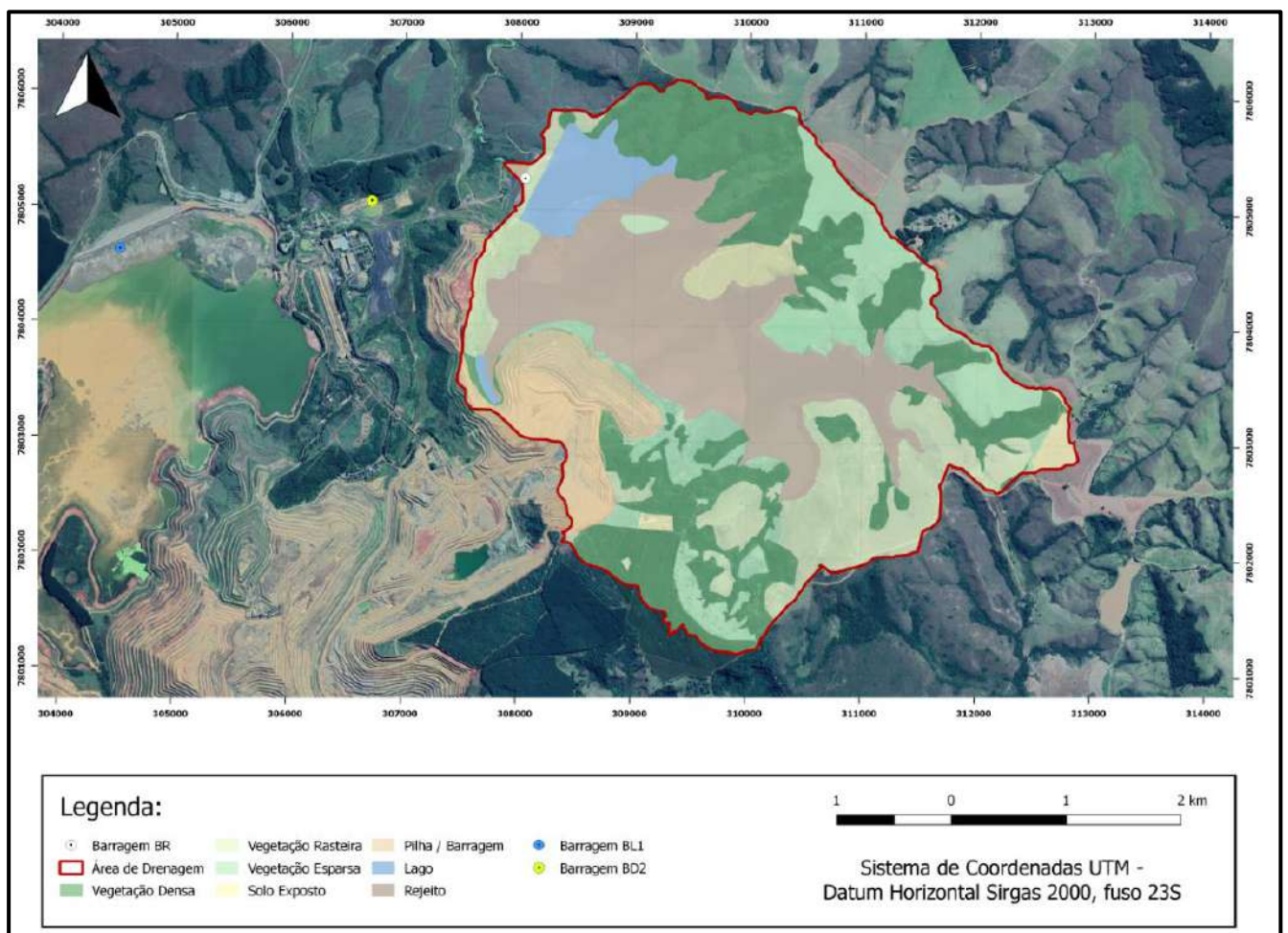


Figura 10-6 – Caracterização da bacia de contribuição da Barragem BR.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 72/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Para aplicação do método de transformação chuva-vazão do SCS (1986) é necessário a estimativa do parâmetro CN (*Curve Number*) representativo do potencial de geração de escoamento superficial de uma determinada bacia hidrográfica.

Assim, a partir da definição do grupo hidrológico do solo (Tipo C) e das classes de uso e ocupação do solo identificadas na área em estudo, foram calculados valores médios de CN, a partir dos valores de referência indicados por Chow et al. (1988) e resumidos na Tabela 10.9.

Tabela 10.9 – Valores do parâmetro CN para diferentes tipos, usos e ocupação de solo. Condição II de umidade antecedente. Fonte: CHOW et al. (1988).

Tipo de Solo	Tipologia de Uso e Ocupação	CN - II	Observações
A	Afloramento rochoso	80	
B		86	
C		89	
D		90	
A ¹	Área industrial	72	Tipologia conjugada com "Streets and roads: dirt"
B ¹		82	
C ¹		87	
D ¹		89	
A	Cava	75	
B		84	
C		88	
D		90	
A, B, C e D	Lago	100	
A ²	Núcleo urbano	54	Tipologia conjugada com "Residential: 25% impervious"
B ²		70	
C ²		80	
D ²		85	
A ³	Pilhas / barragens / aterros	39	Tipologia conjugada com "Pasture or range land: good condition"
B ³		61	
C ³		74	
D ³		80	
A ⁴	Praia de rejeitos / sedimentos	45	
B ⁴		65	
C ⁴		75	
D ⁴		81	
A	Solo exposto	68	Tipologia conjugada com "Range land: poor condition"
B		79	
C		86	
D		89	
A	Vegetação densa	25	Tipologia conjugada com "Wood or forest land: good cover"
B		55	
C		70	
D		77	
A	Vegetação esparsa	30	Tipologia conjugada com "Meadow: good condition"
B		58	
C		71	
D		78	
A	Vegetação rasteira	39	Tipologia conjugada com "Open spaces, lawns, parks: good conditions"
B		61	
C		74	
D		80	

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC	-	PÁGINA 73/144
	Nº DF+	DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Notas:

- (1) A diferenciação de "tipo de solo" para área industrial deve ser interpretada também como nível de adensamento e impermeabilização.
- (2) A diferenciação de "tipo de solo" para núcleo urbano deve ser interpretada também como nível de adensamento e impermeabilização.
- (3) A diferenciação de "tipo de solo" para pilhas, barragens e aterros deve ser interpretada como diferentes tipos de materiais, estágios de construção e cobertura das estruturas.
- (4) A diferenciação de "tipo de solo" para praia de rejeitos e sedimentos deve ser interpretada como diferentes tipos de materiais e estágios de operação das estruturas.

Na Tabela 10.10 são apresentados os valores médios ponderados dos parâmetros CN obtidos para a área de contribuição em estudo.

Tabela 10.10 – Ponderação do parâmetro CN na área de contribuição em estudo, conforme classes de uso e ocupação do solo (Tipo C, condição II de umidade antecedente).

Uso e Ocupação	CN	Área (km ²)
Lago	100	0,67
Pilhas/barragens/aterros	74	1,33
Praia de Rejeitos	75	4,07
Solo Exposto	86	0,49
Vegetação Densa	70	4,25
Vegetação Esparsa	71	2,32
Vegetação Rasteira	74	2,55
Total		15,68
CN Médio Ponderado		74,2

A partir do CN característico, pode-se obter a abstração inicial da bacia, além da relação entre a precipitação total e a precipitação efetiva ao longo do evento.

Além da caracterização do uso e ocupação, é feita uma caracterização do talvegue principal da bacia, buscando-se avaliar o tempo de retardo que a água leva percorrendo o caminho até o emboque do sistema extravasor.

A seguir, a Tabela 10.11 apresenta os parâmetros utilizados e algumas características geomorfológicas da bacia de contribuição da Barragem BR, com interesse para as simulações hidrológicas.

Tabela 10.11 - Caracterização geomorfológica e parâmetros de modelagem.

Estrutura	A _D (km ²)	CN ponderado	I _a (mm)	t _c (min)	Lag Time (min)
BR	15,68	74,20	17,66	86,1	51,66

Na Tabela 10.11, tem-se que:

- A_D denota área de drenagem.
- CN denota o Número da Curva Índice do método do SCS para a geração dos hietogramas efetivos a partir dos totais.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 74/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

- t_a denota a abstração inicial ocorrida no terreno da bacia. Esse parâmetro, calculado a partir do CN, é também utilizado na geração dos hietogramas da chuva efetiva.
- t_c denota o tempo de concentração.
- *Lagtime* também conhecido como tempo de retardo, ou intervalo de tempo existente do centro de massa dos hietogramas até a vazão de pico dos hidrogramas, que denota um parâmetro do método utilizado para a transformação chuva-vazão, equivalente a 3/5 do tempo de concentração.

Ressalta-se que o tempo de concentração foi determinado pela fórmula de Kirpich (Equação 10-3), que apresenta essa variável em função do comprimento e declividade do curso de água principal da bacia de contribuição.

$$t_c = 3,989 \cdot \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385} \quad \text{Equação 10-3}$$

Em que:

- (t_c) denota o tempo de concentração, em minutos;
- (L) denota o comprimento do talvegue principal, em km; e
- (S) denota a declividade do talvegue principal, em %.

O tempo de concentração pode ser caracterizado como sendo o tempo total gasto para que o escoamento superficial, gerado a partir de um evento de precipitação, percorra toda a extensão longitudinal da bacia de contribuição. Sendo assim, considerou-se para o cálculo do t_c , no presente projeto, os comprimentos e as declividades associadas ao ponto mais distante do exutório de cada estrutura definida.

De posse dos blocos de chuvas de projeto e dos parâmetros da sub-bacia apresentados na Tabela 10.11, foi elaborado o modelo hidrológico da bacia em estudo no ambiente do programa computacional HEC-HMS, conforme ilustrado na Figura 10-7, e inseridos os dados de entrada requeridos para simulações.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 75/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

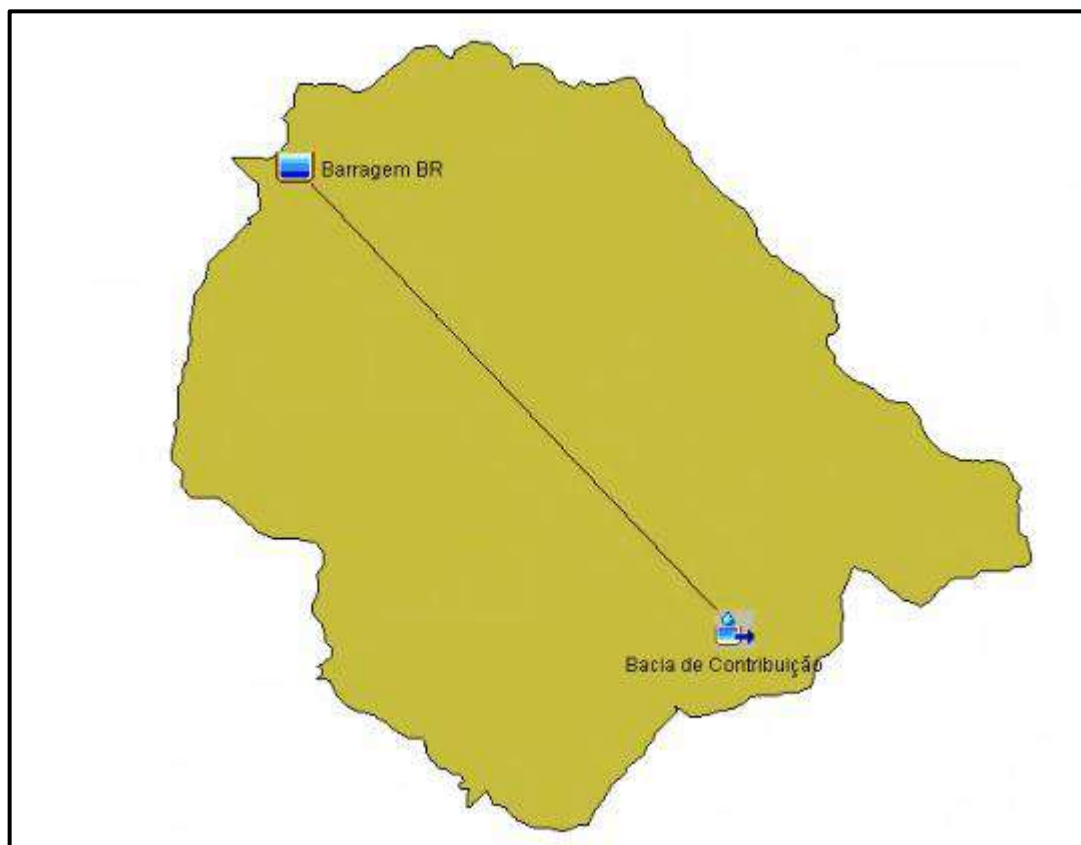


Figura 10-7 – Diagrama unifilar da área em estudo desenvolvido no modelo computacional HEC-HMS.

10.3.9 Apresentação dos resultados

O potencial de amortecimento do reservatório da Barragem BR está apresentado nos resultados na Tabela 10.12 e Tabela 10.13, para os TR's de 1.000 e 10.000 anos, respectivamente, com destaque para a duração crítica.

Tabela 10.12 - Resultado das Simulações para TR 1.000 anos.

Duração	Vazão Afluente (m³/s)	Vazão Defluente (m³/s)	Elevação (m)
30 min	83,02	0,80	1.202,22
1h	129,56	1,79	1.202,36
2h	152,26	3,08	1.202,49
3h	142,79	3,56	1.202,54
4h	137,39	4,19	1.202,60
6h	112,35	4,56	1.202,64
8h	95,43	4,80	1.202,66
10h	82,90	4,96	1.202,68
12h	73,11	5,08	1.202,69
14h	66,74	5,30	1.202,71
24 h	42,14	5,22	1.202,70

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 76/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Duração	Vazão Afluente (m³/s)	Vazão Defluente (m³/s)	Elevação (m)
2 dias	29,81	7,00	1.202,88
3 dias	35,74	12,92	1.203,38
5 dias	25,45	12,85	1.203,37
7 dias	24,71	15,71	1.203,57
10 dias	19,72	14,76	1.203,50
15 dias	15,59	13,27	1.203,40
20 dias	14,62	13,29	1.203,40
25 dias	12,43	11,59	1.203,29
30 dias	12,39	11,84	1.203,31

Tabela 10.13 - Resultado das Simulações para TR 10.000 anos.

Duração	Vazão Afluente (m³/s)	Vazão Defluente (m³/s)	Elevação (m)
30 min	104,38	1,08	1.202,28
1h	159,95	2,58	1.202,44
2h	184,10	4,09	1.202,59
3h	171,77	4,64	1.202,64
4h	164,39	5,37	1.202,72
6h	133,84	5,79	1.202,76
8h	113,45	6,06	1.202,79
10h	98,21	6,23	1.202,80
12h	86,48	6,35	1.202,81
14h	78,73	6,59	1.202,84
24 h	49,55	6,47	1.202,83
2 dias	34,41	8,34	1.203,01
3 dias	45,05	17,48	1.203,69
5 dias	31,49	16,86	1.203,65
7 dias	31,16	20,73	1.203,90
10 dias	23,73	18,24	1.203,74
15 dias	18,30	15,83	1.203,58
20 dias	17,32	15,92	1.203,58
25 dias	14,54	13,72	1.203,43
30 dias	14,93	14,37	1.203,48

O hidrograma de vazão de projeto afluente e defluente e o nível de água, para o evento correspondente à duração crítica para tempo de recorrência de 1.000 e 10.000 anos, está apresentado na Figura 10-8 e Figura 10-9, respectivamente.

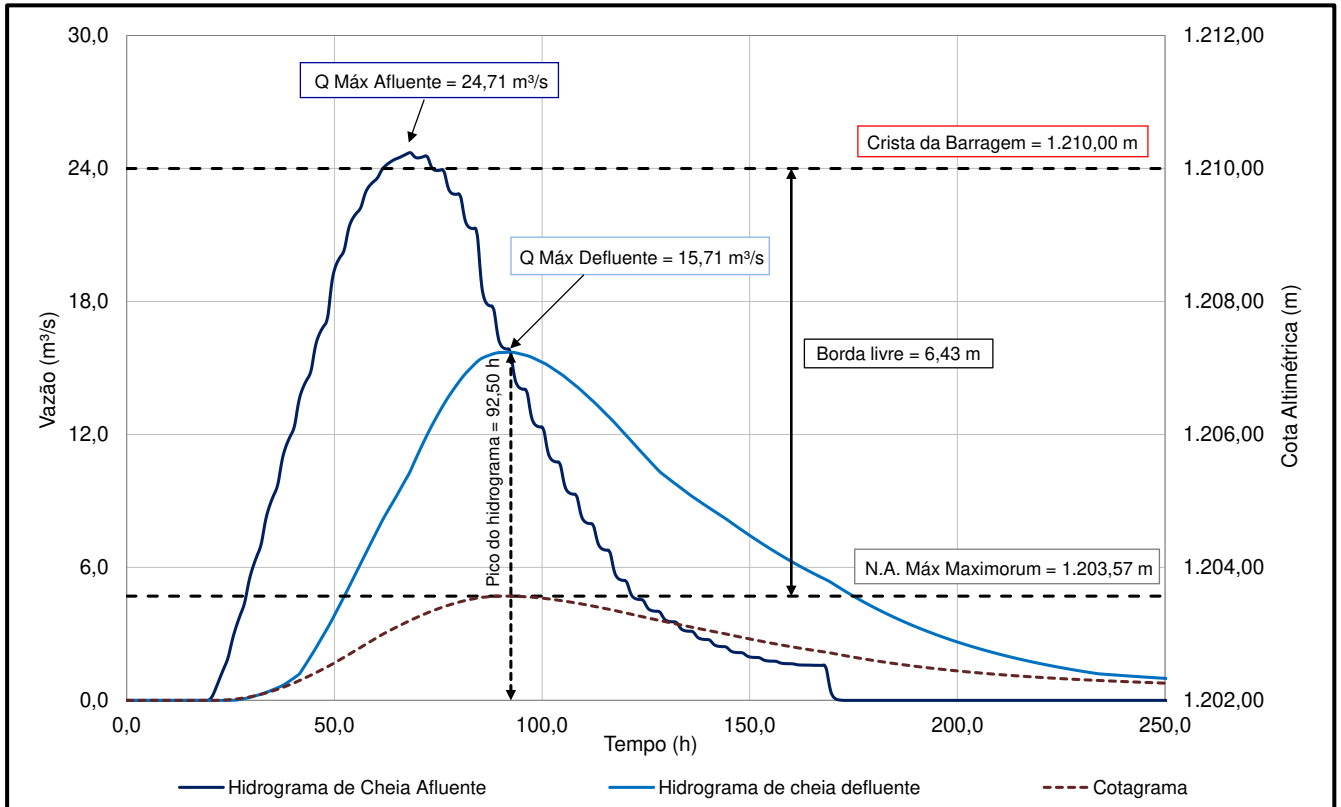


Figura 10-8 – Trânsito de cheia para TR 1.000 anos – Barragem BR.

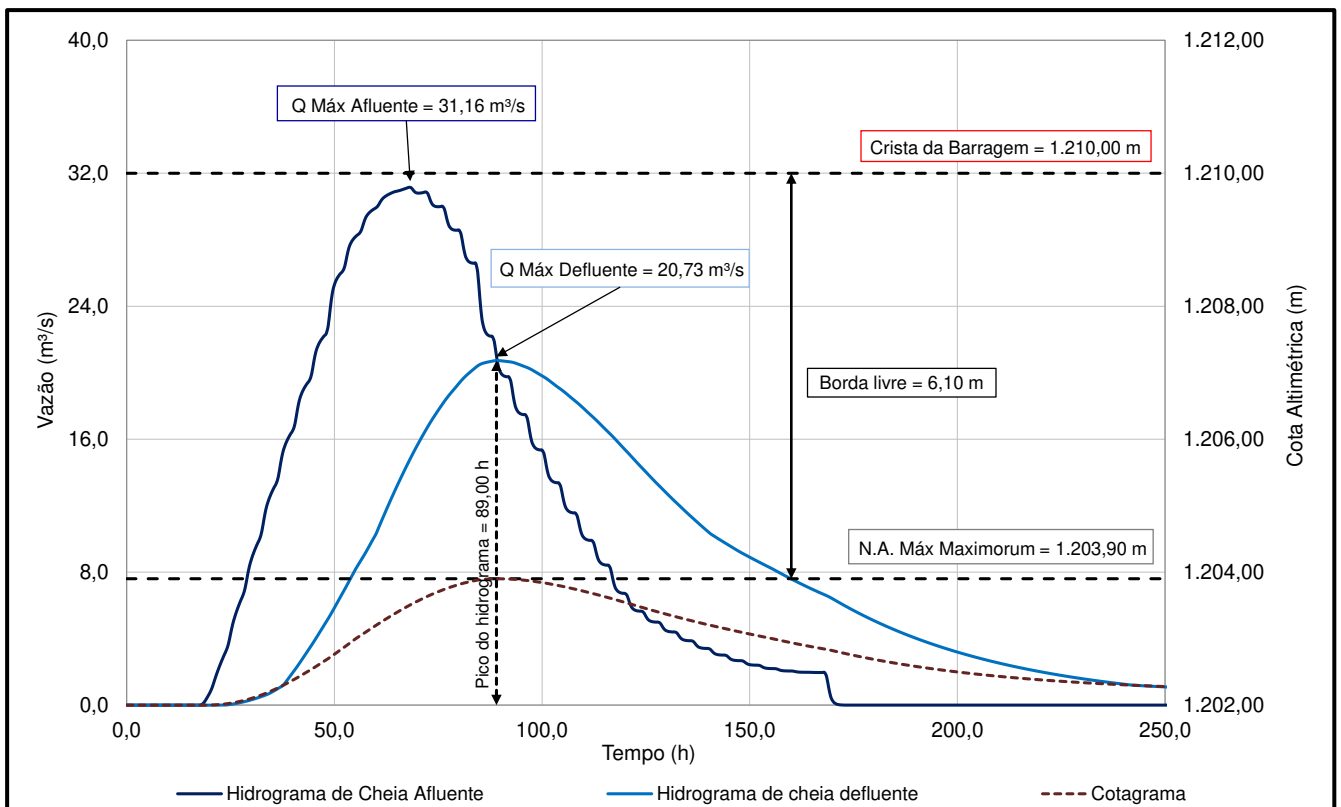



Figura 10-9 – Trânsito de cheia para TR 10.000 anos – Barragem BR.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 78/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Na Tabela 10.14 é apresentado uma síntese dos resultados encontrados nos cálculos do trânsito de cheia no reservatório da Barragem BR considerando a elevação de 1.210,00 m, para as durações críticas.

Tabela 10.14 – Resultados do trânsito de cheia – Barragem BR.

Variável	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
Duração crítica (dias)	7	7
Altura da chuva crítica (mm)	460	566
Vazão Afluente (m³/s)	24,71	31,16
Vazão Máxima Defluente (m³/s)	15,71	20,73
Elevação da Soleira do Extravador (m)	1.202,00	
Elevação da Crista (m)	1.210,00	
Elevação NA <i>Máx Maximorum</i> (m)	1.203,57	1.203,90
Borda Livre (m)	6,43	6,10
Volume disponível para amortecimento (1.000 m³)	18.422,89	

Como observado nos resultados apresentados na Tabela 10.14, o reservatório da Barragem BR possui volume suficiente para amortecimento das cheias associadas ao TR de 1.000 e 10.000 anos, bem como seu sistema extravasor de laminar cheias associadas as mesmas TR's, conforme preconiza a NBR 13.028/2017.

Vale ressaltar que, os volumes de amortecimento das estruturas existentes a montante, bem como as características geomorfológicas das bacias, interferem significativamente no resultado do estudo. Portanto, recomenda-se nova verificação quando da alteração dos mesmos.

10.4 VERIFICAÇÃO HIDRAÚLICA DA CALHA DO SISTEMA EXTRAVASOR

Para o sistema extravasor da Barragem BR, com elevações de soleira e crista nas cotas 1.202,00 m e 1.210,00 m, respectivamente, foram analisadas e verificadas 11 (onze) seções, a saber:

- Emboque do sistema extravasor de concreto projetado em seção trapezoidal, com 4,00 m de base, altura variável e declividade das paredes de 1,0H:1,5V;
- Trecho (1) calha lisa em seção trapezoidal com revestimento em concreto projetado, tendo 4.00 m de base, altura variando entre 0.34 m à 8.00 m, declividade de paredes de 1.0H:1.5V, com declividade de 0,50%;
- Trecho (2) transição horizontal de seção trapezoidal para retangular com revestimento em concreto armando e declividade de 0,50%;

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 79/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

- Trecho (3) galeria em seção retangular com revestimento em concreto armado, tendo 4,00 m de base, altura de 2.00 m e declividade de 0,50%;
- Trecho (4) calha lisa em seção retangular e revestimento em concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2.00 m de altura e declividade de 0,50%;
- Trecho (5) descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 3.50 m e declividade de 14.29%;
- Trecho (6) descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 2.60 m e declividade de 19.23%;
- Trecho (7) descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 1.80 m e declividade de 27.78%;
- Trecho (8) descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 3.30 m e declividade de 15.12%;
- Trecho (9) descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 5.00 m e declividade de 10.00%; e
- Trecho (10) bacia de dissipação.

Diante do cenário estabelecido, desenvolveram-se os estudos hidráulicos em duas etapas, sendo a primeira etapa corresponde à análise da seção longitudinal do eixo do extravasor; na segunda etapa foram processadas as simulações hidráulicas.

10.4.1 Análise da seção longitudinal do eixo do sistema extravasor

A Figura 10-10 mostra a indicação dos trechos projetados mencionados anteriormente.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

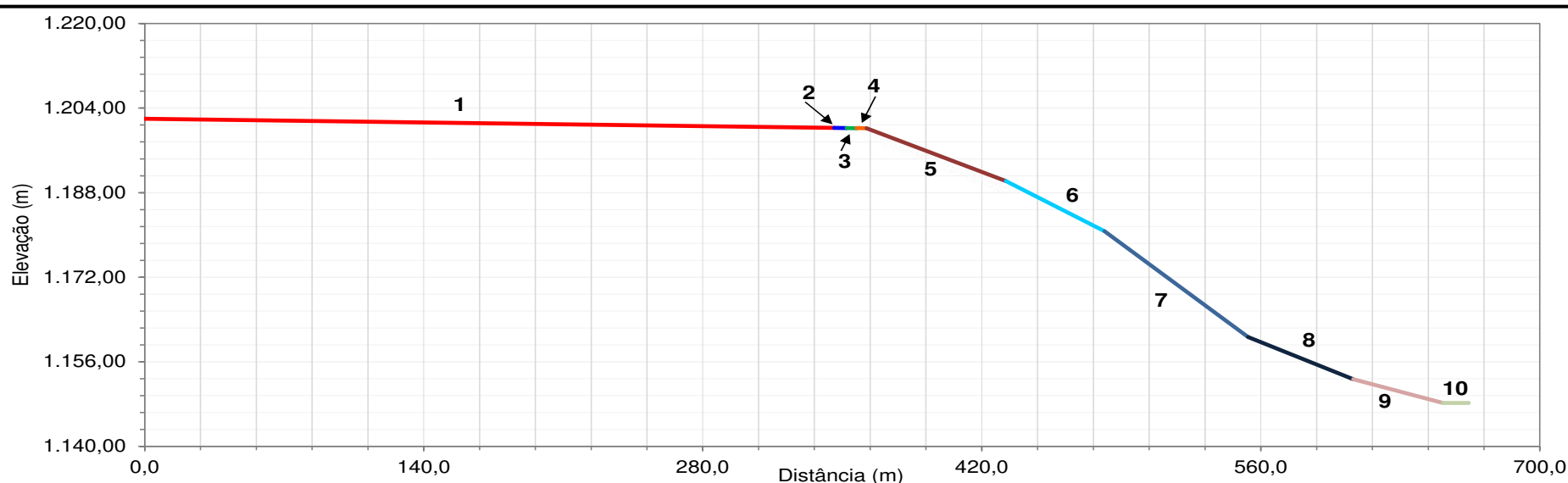
80/144

Nº DF+

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0005

1



- Trecho 1: Calha lisa em seção trapezoidal com revestimento em concreto projetado, tendo 4,00 m de base, altura variando entre 0,34 m à 8,00 m, declividade de paredes de 1,0H:1,5V, com declividade de 0,50%.
- Trecho 2: Transição horizontal de seção trapezoidal para retangular com revestimento em concreto armado e declividade de 0,50%.
- Trecho 3: Galeria em seção retangular com revestimento em concreto armado, tendo 4,00 m de base, altura de 2,00 m e declividade de 0,50%.
- Trecho 4: Calha lisa em seção retangular e revestimento em concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura e declividade de 0,50%.
- Trecho 5: Descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 3,50 m e declividade de 14,29%.
- Trecho 6: Descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 2,60 m e declividade de 19,23%.
- Trecho 7: Descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 1,80 m e declividade de 27,78%.
- Trecho 8: Descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 3,30 m e declividade de 15,12%.
- Trecho 9: Descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armado, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 5,00 m e declividade de 10,00%.
- Trecho 10: Bacia de dissipação

Figura 10-10: Perfil longitudinal do sistema extravasor da Barragem BR – Soleira 1.202,00 m.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 81/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

10.4.2 Trecho em calha lisa

A modelagem hidráulica do trecho em calha lisa foi efetuada com a utilização do aplicativo computacional HEC-RAS, versão 5.0.7. Como dados básicos para o funcionamento do aplicativo são consideradas as seções transversais, que reproduzem a geometria dos trechos, e as características de rugosidade da calha (coeficiente de rugosidade de *Manning*).

O aplicativo efetua cálculos de progressão do escoamento unidimensional, para a hipótese do regime permanente gradualmente e bruscamente variado. O processamento inicia sempre a partir de seções de controle hidráulico, dados nos extremos de montante ou de jusante do trecho em estudo, podendo operar para as condições de regime subcrítico ou supercrítico, identificando-se as seções de mudança de regime com a eventual formação de ressalto hidráulico.

As características de rugosidade da calha foram sintetizadas no coeficiente de rugosidade de *Manning*, com a utilização do aplicativo computacional SisCCoH 1.1, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (DERH-EE/UFMG).

Desta maneira, procurou-se admitir a condição do escoamento em degraus simulando esta situação através do uso de uma rugosidade empírica (trecho com fundo liso, mas com rugosidade capaz de refletir a mesma condição de escoamento prevista no escoamento em degraus).

Na Tabela 10.15, estão apresentados os coeficientes de rugosidade adotados para a simulação hidráulica.

Tabela 10.15: Coeficientes de rugosidade utilizados.

Trecho	Coeficiente de rugosidade
1	0,018 (Concreto projetado)
2	0,015
3	0,015
4	0,015
5	0,049*
6	0,054*
7	0,058*
8	0,050*
9	0,046*
10	0,015

*Tremos com rugosidades “empíricas” calculados com o suporte do programa SisCCoH simulando a condição de escoamento em degraus.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 82/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

10.4.3 Apresentação de resultados

Como resultados da modelagem hidráulica, a Figura 10-11 apresenta os perfis de linha de água do sistema extravasor, para a vazão de projeto associada ao TR de 10.000 anos (20,73 m³/s), onde é apresentado graficamente, o perfil de escoamento ao longo do canal. Complementarmente, são apresentados a profundidade crítica, fundo do canal e paredes.



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM
BR – EL 1210 m

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº MOSAIC

PÁGINA

83/144

Nº DF+

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0005

1

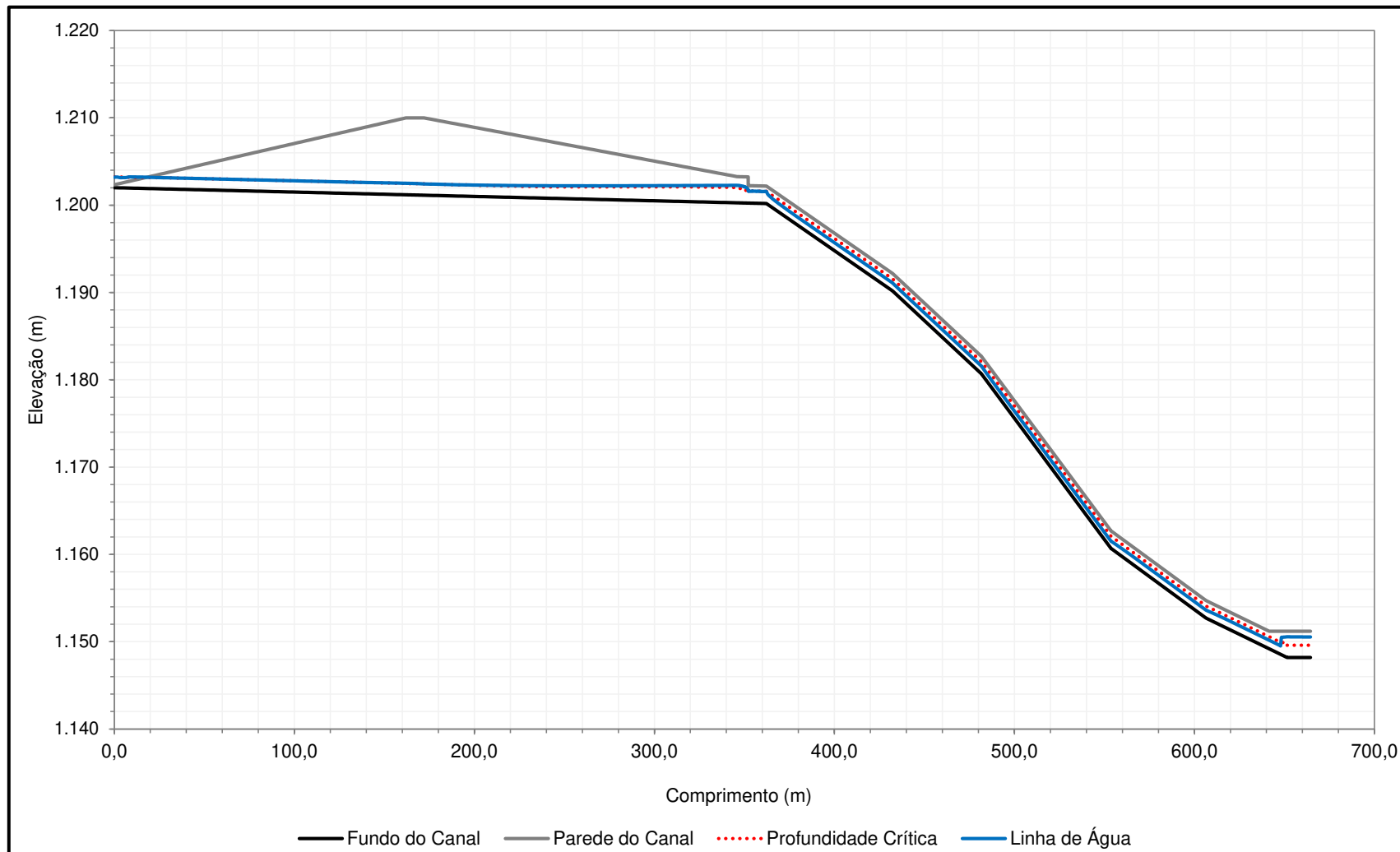




Figura 10-11 – Perfil do escoamento no canal extravasor da Barragem BR – TR 10.000 anos.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 84/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

As análises indicaram que a geometria proposta é capaz de conduzir adequadamente a vazão de projeto para TR de 10.000 anos.

10.4.3.1 Bacia de dissipação

As bacias de dissipação são estruturas que efetuam a dissipação de energia através do conceito de ressalto hidráulico ou por impacto através de estruturas nela inseridas. No projeto do sistema extravasor da Barragem BR, adotou-se a bacia de dissipação por ressalto hidráulico, cujo objetivo essencial consiste em fixar a posição do ressalto e reduzir seu comprimento, além de proporcionar, evidentemente, uma adequada eficiência na dissipação de energia.

Neste dimensionamento utilizou-se, em um primeiro momento, o aplicativo computacional SisCCoH 1.1. O cálculo consistiu em determinar as dimensões das bacias de dissipação do sistema, capaz de garantir que o ressalto hidráulico ocorra em seu interior.

A Tabela 10.16 apresenta os dados de entrada e resultados obtidos para bacia de dissipação do sistema extravasor da Barragem BR. Como dados de entrada para o *software* foram considerados a vazão de projeto, altura da lâmina de água (y_1) a montante da bacia de dissipação e a largura do canal da mesma.

Tabela 10.16: Dimensionamento da bacia de dissipação – Barragem BR.

Vazão (m³/s)	Largura (m)	Profundidade montante (m)	Profundidade jusante (m)	Velocidade de jusante (m/s)	Comprimento do ressalto (m)
20,73	4,00	0,73	2,39	2,17	11,45

Conforme implantação do sistema extravasor da Barragem BR, a bacia de dissipação foi projetada com 4,00 m de base, 3,00 m de altura e 13,00 m de extensão, estando assim apta a conduzir a vazão de projeto associada ao TR de 10.000 anos.


10.4.3.2 Canal de restituição

Para a definição do diâmetro médio dos blocos no canal de restituição, trecho à jusante da bacia de dissipação proposta, dada a velocidade do escoamento ao final da calha vertente, utilizou-se os critérios centrados na Equação 10-7, segundo Escarameia e Mays (1998).

$$D_p = K_s \cdot C_t \cdot \frac{V_b^2}{2g \cdot (s - 1)} \quad \text{Equação 10-4}$$

Em que:

- D_p denota diâmetro médio das pedras, em m;
- K_s denota fator de correção granulométrica, valor médio usual de 1,15;
- C_t denota coeficiente de turbulência do escoamento;

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 85/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Salienta-se que o coeficiente de turbulência do escoamento foi determinado pela Equação 6.5, que apresenta essa variável em função da Intensidade de Turbulência (IT), o qual foi adotado o IT no valor de 0,60, devido a se tratar de situação de extremidades de estruturas aonde serão locados os dissipadores de energia.

$$C_t = 12,3.(IT - 0,20) \quad \text{Equação 10-5}$$

- V_b denota velocidade de escoamento junto ao leito, em m/s;
Salienta-se que a velocidade de escoamento junto ao leito V_b , (aproximadamente 90% da profundidade) é variável de acordo com o valor do IT, neste caso foi determinado pela Equação 6.6, devido valor do IT ser de 0,60.

$$V_b = (1,36 - 1,48.IT)U \quad \text{Equação 10-6}$$

Em que:

- U denota velocidade no final do dispositivo, em m/s.
- S denota densidade média dos blocos, adotado 2,6, em kg/m³;
- g denota gravidade, em m/s².

O canal de restituição deverá ser construído com blocos lançados de enrocamento de diâmetros de aproximadamente 0,40 m e espessura dos enrocamentos deve ser de 0,80 m.

10.5 ESTUDO DE ALTURA DE ONDA

A Borda Livre das barragens é definida como o espaço que deve ser alocado entre o NA máximo maximum e a cota de coroamento do maciço, com a finalidade de absorver a arrebatção de ondas formadas por ventos ou agregar segurança adicional para eventuais recalques na elevação da crista. Na NBR 13.028 (ABNT, 2017) não é especificada o valor a ser adotada para borda livre de barragens.

O cálculo da amplitude da onda eólica é dado pela adaptação da metodologia formulada por SAVILLE et. al (1962), proposta por Naghettini (1999). Destaca-se que na ausência de informações é usual arbitrar-se valores de velocidade do vento (v) entre 50 e 100 km/h. No presente estudo, adotou-se o valor de 80 km/h, conforme recomenda Pinheiro (2011). A amplitude da onda eólica é dada pela Equação 10-7.

$$h_0 = 0,005 \cdot v_w^{1,06} \cdot F^{0,47} \quad \text{Equação 10-7}$$

Em que:

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 86/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

- (h_0) denota a altura de onda, em m;
- (v_w) denota a velocidade do vento ao nível da superfície do reservatório, em km/h. Essa velocidade é determinada aplicando os fatores de correção da Tabela 10.17 apresentada abaixo (SAVILLE *et al.*, 1962).

Tabela 10.17 – Fatores de correção da velocidade na superfície do reservatório.

Fetch (km)	0,805	1,609	3,219	6,437	9,656	12,874
V_w/V_{SR}	1,08	1,13	1,21	1,28	1,31	1,31

- (F) denota o *fetch* efetivo, em km.

O fetch é a extensão da superfície da água sobre a qual e em cuja direção o vento atua. A Figura 10-12 ilustra a determinação do *fetch* efetivo.

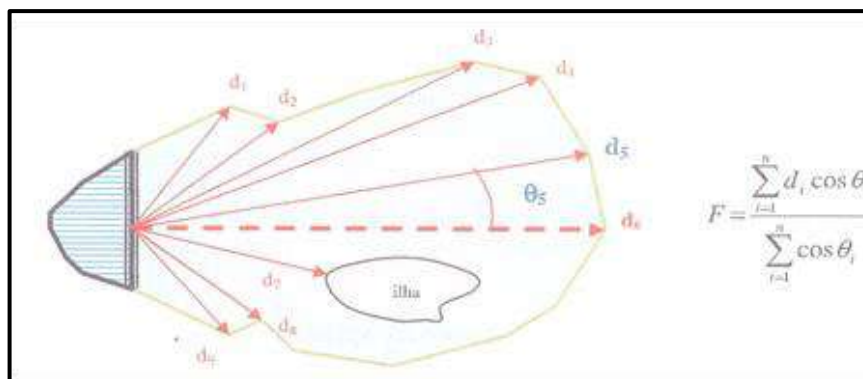



Figura 10-12 – Fetch Efetivo.

Neste estudo foi obtido um valor de *fetch* de 1,75 km. A Tabela 10.18, a seguir apresenta os resultados obtidos para altura de ondas.

Tabela 10.18 – Altura e comprimento de onda.

F (km)	1,75
v (km/h)	80,0
v_w (pés/s)	86,40
h_0 (m)	0,78

Para barragens de terra, recomenda-se que a borda livre mínima para conter a arrebentação das ondas seja igual ou superior a $1,4h_0$, resultando em 1,09 m. Sendo assim, considerando a elevação da crista, 1.210,00 m, para garantir a arrebentação de ondas formadas pelo vento e agregar segurança ao dique, o nível máximo de água no reservatório deve ser de 1.208,91m.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 87/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

10.6.1 Concepção do Sistema

Para o correto ordenamento do volume de escoamento formado sobre as bermas, taludes e em no terreno natural nas ombreiras do maciço e pelo acesso, adotou-se duas diferentes estruturas de drenagem superficial, a saber:

- Canais de ombreira (CO), situados nas ombreiras esquerda e direita, chamados respectivamente de COE e COD, foram projetados em concreto armado e verificados para altas e baixas declividades, em função das possibilidades de implantação no terreno nas etapas posteriores de estudos da estrutura. Têm a função de coletar o escoamento das bermas e de parte do terreno natural nas ombreiras do maciço, evitando o escoamento no contato da estrutura com o terreno;
- Canaletas de bermas (CA), situadas nas bermas, com declividade longitudinal de 1% e projetadas em concreto armado, coletando as vazões dos taludes e bermas e conduzi-los até os canais periféricos; e
- Sarjetas triangulares de concreto (STC), localizadas nos acessos e nas duas últimas bancadas da barragem, terão a função de coletar as vazões escoadas pelos acessos, taludes e bermas e direcioná-las para um local adequado de descarte.

A seguir, na Figura 10-13, são apresentados o sistema de drenagem superficial proposto para a Barragem BR após o alteamento para a elevação 1.210,00 m.

O arranjo geral da drenagem superficial está apresentado no documento de número DF19-263-1-EG-DWG-0116. Já os desenhos de planta, perfil, seções típicas e detalhes estão apresentados nos documentos de número DF19-263-1-EG-DWG-0117 a DF19-263-1-EG-DWG-0127.

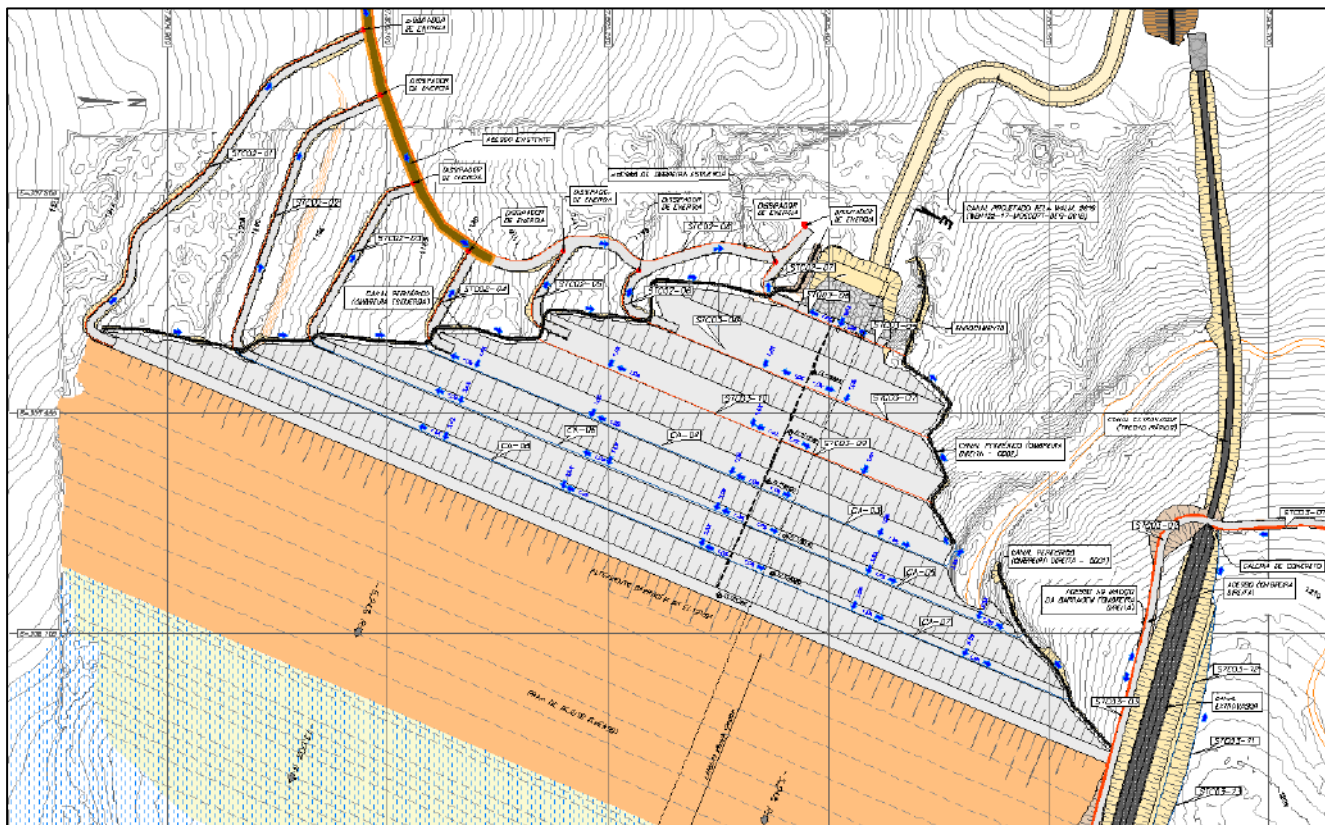


Figura 10-13 – Concepção do sistema de drenagem superficial para o maciço da Barragem BR após alteamento para elevação 1210,00 m.



10.6.2 Vazão de Projeto

A partir dos valores de precipitação supracitados e utilizando método indireto de transformação chuva-vazão, foram determinadas as vazões de projeto das estruturas hidráulicas componentes do sistema de drenagem da Barragem BR.

É importante destacar que, para o dimensionamento da drenagem superficial da Barragem BR foi utilizado os quantis de chuva associados a 500 anos de tempo de retorno tanto para os canais periféricos, quanto para a berma que atuará como canal, conforme recomenda a Norma Brasileira NBR 13.028/2017.

Conforme previamente indicado, as vazões de projeto das estruturas do sistema de drenagem superficial foram determinadas segundo o Método Racional.

Neste método, a transformação de chuva em vazão é obtida pela aplicação de um coeficiente de escoamento definido em função da cobertura vegetal e tipo do solo da bacia de contribuição. Considera-se que os eventos chuvosos correspondentes às vazões máximas têm a duração igual ao tempo de concentração da respectiva bacia, ou seja:

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 89/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

$$Q_p = \frac{C \cdot i_{t,T} \cdot A}{3,6} \quad \text{Equação 10-8}$$

Em que:

- Q_p denota vazão de projeto (m^3/s).
- C denota coeficiente de escoamento, determinado a partir do uso do solo e do tipo do solo.
- $i_{t,T}$ denota intensidade média da chuva para uma duração t e um tempo de retorno T (mm/h).
- A denota área da bacia de contribuição (km^2).

O tempo de contenção foi calculado usando o Método Cinemático, obtido pela seguinte expressão:

$$t_c = \sum \frac{L_i}{v_i} \quad \text{Equação 10-9}$$

Em que:

- t_c denota tempo de concentração, em min.
- L_i denota comprimento de cada trecho do talvegue, em m.
- v_i denota velocidade média, em m/s. Foram adotadas velocidades de 5 m/s para terreno natural e canais, e 1 m/s para bermas (PINHEIRO, 2011).

Os valores dos coeficientes de escoamento adotado para o cálculo das vazões de projeto foram ponderados segundo as áreas de drenagem para cada tipo identificado baixo, baseados em Pinheiro (2011).

- Maciço: $C = 0,50$; e
- Terreno natural: $C = 0,25$.

Na Tabela 10.19 estão apresentadas as sínteses dos cálculos para a obtenção das vazões de projeto para as estruturas projetadas, sendo apresentada apenas a vazão esperada para a berma mais solicitada.



		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 90/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Tabela 10.19 - Síntese do cálculo das vazões de projeto.

Estrutura	Área de Drenagem (km ²)	Tempo de concentração (min)	TR (anos)	I (mm/h)	C ponderado	Vazão (m ³ /s)
COD1	0,086	5,0	500	202,62	0,42	2,01
COD2	0,086	5,0	500	202,62	0,42	2,01
COE	0,090	5,0	500	202,62	0,36	1,83
CA'S	0,010	5,0	100	181,50	0,50	0,24
STC-02	0,007	5,0	100	181,50	0,50	0,19
STC-03	0,014	5,0	100	181,50	0,50	0,27

Ressalta-se que para o cálculo das canaletas adotou-se o dispositivo de maior área de drenagem e replicou para os outros dispositivos, o mesmo ocorreu para as sarjetas.

10.6.3 Dimensionamento Hidráulico

O dimensionamento hidráulico dos dispositivos hidráulicos propostos para o sistema de drenagem superficial foi realizado considerando os trechos com declividade máxima e mínima apresentados pelas estruturas, para determinação da velocidade e altura máximas da lâmina de água, respectivamente.

Para os trechos em calha lisa, foi utilizada a metodologia proposta por *Manning* (Equação 10-10):

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot \sqrt{I} \quad \text{Equação 10-10}$$

Em que:

- (n) denota o coeficiente de rugosidade de *Manning*. Para efetuar-se a estimativa do coeficiente de rugosidade, encontra-se em literatura um grande número de tabelas, obtidas a partir de ensaios e medições de campo. Devem ser destacados os elementos apresentados na obra *Open Channel Hydraulics, Ven Te Chow* (1959), onde consta uma extensa lista de coeficientes de rugosidade associados a diversos materiais e situações de utilização. Apresentam-se, na Tabela 10.20, a seguir, alguns valores de coeficientes de rugosidade, compilados de diversas publicações sobre o assunto.

Tabela 10.20 - Coeficiente de rugosidade para canais artificiais¹.

Revestimento	Mínima	Rugosidade Usual	Máxima
Concreto pré-moldado	0,011	0,013	0,015

¹ Batista, Márcio Benedito – Fundamentos de engenharia hidráulica / Márcio Benedito Baptista, Márcia Maria Lara Pinto Coelho. – 3. ed. ver. e ampl. – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 480p.

Revestimento	Mínima	Rugosidade Usual	Máxima
Concreto com acabamento	0,013	0,015	0,018
Concreto sem acabamento	0,014	0,017	0,020
Concreto projetado	0,018	0,020	0,022
Gabiões	0,022	0,030	0,035
Espécies vegetais	0,025	0,035	0,070
Aço	0,100	0,012	0,014
Ferro Fundido	0,011	0,014	0,016
Aço Corrugado	0,019	0,022	0,028
Solo sem revestimento	0,016	0,023	0,028
Rocha sem revestimento	0,025	0,035	0,040

- (A), denota a área molhada da seção transversal de um dado dispositivo de drenagem, em m²;
- (2P) denota o perímetro molhado de um dado dispositivo de drenagem, em m.
- (l) denota a declividade de fundo de um dado dispositivo de drenagem, em m/m; e
- (Q_{adm}) denota a vazão admissível em um dado dispositivo de drenagem, em m.

Ademais, foram aplicadas rotinas de cálculos em Excel (Microsoft Corporation), previamente elaboradas pela DF+.

10.6.3.1 Apresentação de resultados

Ressalta-se que, para o cálculo da vazão de projeto utilizada no dimensionamento da drenagem das STC's e CA's considerou-se como referência a estrutura de maior área de contribuição.

A seguir na Tabela 10.21, é apresentado o dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem superficial da Barragem BR na elevação 1.210,00 m, bem como para o acesso e cortes gerados pela implantação do sistema extravasor.

Tabela 10.21 – Dimensionamento hidráulico.

Dispositivo	Q (m ³ /s)	Seção geométrica	Revestimento	Base (m)	Altura Parede (m)	Declividade mínima (%)	Prof. (m)	Borda Livre (m)	Velocidade (m/s)
COD1	2,01	Retangular	Concreto	1,00	1,00	1,0	0,80	0,20	3,04
COD2	2,01	Retangular	Concreto	1,00	1,00	1,0	0,80	0,20	3,04
COE	1,83	Retangular	Concreto	1,00	1,00	1,0	0,80	0,20	3,04
CA's	0,24	Retangular	Concreto	0,40	0,50	1,0	0,40	0,10	1,74



**PROJETO DETALHADO DE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL
1210 m**

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

-

92/144

Nº DF+

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0005

1

Dispositivo	Q (m³/s)	Seção geométrica	Revestimento	Base (m)	Altura Parede (m)	Declividade mínima (%)	Prof. (m)	Borda Livre (m)	Velocidade (m/s)
STC-02	0,19	Triangular	Concreto	0,80	0,30	1,0	0,29	0,01	1,61
STC-03	0,27	Triangular	Concreto	1,00	0,30	1,50	0,28	0,02	1,99

Ademais, os canais de obreiras concebidas com seção retangular e com revestimento em concreto armado. Estes deverão apresentar declividade mínima de 1,0% e nos trechos em que a declividade de fundo exceder a 10%, deverão ser implantados em degraus, garantido o assim escoamento torrencial no decorrer da estrutura.

Nos estudos foi utilizada a metodologia de *Manning* (Equação 10-10) para o trecho com declividade inferior a 10%, considerando o fluxo em regime uniforme. E para os trechos com regime gradualmente variado (trecho em degraus), verificou-se o fluxo no regime tipo “*Skimming Flow*”, por meio do *software* SisCCoH 1.1.

Na Tabela 10.22, apresenta o dimensionamento dos trechos em degraus dos canais de ombreiras, com declividades acima de 10%.

Tabela 10.22 – Síntese do dimensionamento hidráulico - *Skimming Flow*.

Dispositivo	Q (m³/s)	Base (m)	Altura Parede (m)	Altura do Degrau (m)	Estaca	Profundidade Aerada (m)	Borda Livre (m)	Velocidade Final (m/s)
COE	1,83	1,00	1,00	0,50	0+00 até 1+5.20	0,47	0,53	5,51
COE					1+16.49 até 2+6.09	0,51	0,49	5,13
COE					2+6.09 até 3+18.89	0,50	0,50	5,20
COE					5+5.06 até 5+15.86	0,44	0,56	6,37
COE					5+15.86 até 6+11.06	0,52	0,48	5,06
COE					6+11.06 até 7+6.66	0,49	0,51	5,35
COE					7+11.88 até 8+4.28	0,53	0,47	4,92
COE					8+18.35 até 10+11.10	0,49	0,51	5,37
COE					11+18.60 até 13+7.40	0,48	0,52	5,40
COE					14+9.38 até 15+4.78	0,46	0,54	5,62
COE					16+8.30 até 19+14.80	0,49	0,51	5,33
COE					21+4.17 até 24+3.37	0,49	0,51	5,29
COE					24+16.61 até 25+11.41	0,51	0,49	5,07
COD1					2,01	1,00	1,00	0,50
COD1	0+15.00 até 1+7.60	0,52	0,48	5,53				
COD1	1+7.60 até 2+5.60	0,52	0,48	5,51				
COD1	2+12.46 até 4+126	0,46	0,54	6,18				



**PROJETO DETALHADO DE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL
1210 m**

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

-

93/144

Nº DF+

REV.

DF19-263-1-EG-RTE-0005

1

Dispositivo	Q (m ³ /s)	Base (m)	Altura Parede (m)	Altura do Degrau (m)	Estaca	Profundidade Aerada (m)	Borda Livre (m)	Velocidade Final (m/s)
COD1	2,01	1,00	1,00		6+9.90 até 7.635	0,50	0,50	5,73
COD2					0+17.99 até 1+14.64	0,48	0,53	6,03
COD2					1+14.64 até 2+864	0,46	0,54	6,33
COD2					3+9.21 até 4+16.41	0,45	0,55	6,36
COD2					4.16.41 até 5+2.11	0,61	0,39	4,68
COD2					6.6.03 até 7+10.43	0,51	0,49	5,61
COD2					7.10.43 até 8+4.53	0,52	0,48	5,50

10.6.3.2 Bacia de dissipação

Foram dimensionadas bacias de dissipação para os canais de ombreiras da barragem, sendo assim, se utilizou o aplicativo computacional SisCCoH 1.1. O cálculo consistiu em determinar as dimensões das bacias de dissipação dos dispositivos, capaz de garantir que o ressalto hidráulico ocorra em seu interior.

A Tabela 10.23 apresenta os dados de entrada e resultados obtidos para bacia de dissipação dos canais de ombreira da Barragem BR. Como dados de entrada para o *software* foram considerados a vazão de projeto, altura da lâmina de água (y1) a montante da bacia de dissipação e a largura do canal.

Tabela 10.23: Dimensionamento da bacia de dissipação – Canais de ombreira - Barragem BR.

Dispositivo	Vazão (m ³ /s)	Largura (m)	Profundidade montante (m)	Profundidade jusante (m)	Velocidade de jusante (m/s)	Comprimento do ressalto (m)
COE	1,83	1,00	0,49	0,96	1,91	3,21
COD1	2,01	1,00	0,35	1,37	1,47	7,01
COD2	2,01	1,00	0,69	0,80	2,51	0,78



10.6.3.3 Canal de restituição

Para a definição do diâmetro médio dos blocos a jusante das bacias de dissipação dos canais de ombreiras, adotou a metodologia discriminada no item 10.4.3.2.

Na Tabela 10.24, é apresentada os dados de entrada e resultados obtidos para o diâmetros dos blocos na saída das bacias de dissipação.

Tabela 10.24: Dimensionamento da bacia de dissipação – Canais de ombreira - Barragem BR.

Dispositivo	Velocidade na chegada dos blocos (m/s)	Diâmetro dos blocos calculado (m)
COE	1,91	0,31
COD1	1,47	0,29
COD2	2,51	0,37

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 94/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Sendo assim, adotou o valor do diâmetro dos blocos de 0,40 m e espessura de 0,80 m para todos os dispositivos.

10.6.3.4 Verificação hidráulica das curvas

Na verificação hidráulica do segmento em curva, pode-se observar a ocorrência de correntes secundárias decorrentes de um fluxo em espiral, ocasionado pela atuação das forças centrípetas. Dessa forma, observa-se nessas situações uma alteração das profundidades de escoamento, com acréscimo da lâmina no bordo externo e um rebaixamento da lâmina no bordo interno das curvas.

Para a verificação da curva utilizou-se o aplicativo computacional SisCCoH 1.1. O cálculo consistiu em determinar a altura da sobrelevação da lâmina de água no momento em que ocorre a curva na calha do dispositivo.

Ressalta-se que, foi verificado a pior caso de curva em cada dispositivo, sendo assim, na Tabela 10.25 é apresentado os resultados das verificações das curvas.

Tabela 10.25: Verificação das curvas nos canais de ombreiras - Barragem BR.

Dispositivo	Largura (m)	Prof. no início da curva (m)	Vel. no início da curva (m/s)	Froude no início da curva	Estaca	Raio (m)	Sobreelevação (m)
COE	1,00	0,29	6,38	3,8	5+10,33	5,00	0,83
COD1	1,00	0,31	6,60	3,81	2+10,74	10,00	0,44
COD2	1,00	0,37	5,51	2,91	8+12,59	5,00	0,62

A partir dos resultados apresentados acima, e sendo que a altura de todos os canais é de 1,00 m, tem-se que, para o COE neste trecho em curva o canal deverá ter 1,20 m de altura.

10.6.3.5 Verificação das velocidades

Para a verificação das velocidades dos dispositivos, utilizou-se a Equação 10-10, considerando a profundidade normal do escoamento para o trecho de maior declividade em calha lisa. A seguir a Tabela 10.26, apresenta as velocidades encontradas e as admissíveis para cada tipo de material.

Tabela 10.26 - Verificação de velocidades nos dispositivos.

Dispositivo de drenagem	Material	Declividade máxima (m/m)	Velocidade (m/s)	Velocidade admissível (m/s)
COE	Concreto Armado	0,09	6,66	12,00
COD1	Concreto Armado	0,09	6,60	12,00
COD2	Concreto Armado	0,10	6,85	12,00
STC's	Concreto Armado (DNIT)	0,100	4,16	4,50

Diante o exposto, as velocidades encontradas são inferiores as velocidades admissíveis para cada tipo de material de revestimento.

A diagramação do sistema de drenagem superficial proposta para o alteamento da Barragem BR, na elevação 1.210,00 m, é apresentado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0116.

11.0 ALTEAMENTO PARA A ELEVÇÃO 1210 M

A seguir é apresentada a proposta para o alteamento da Barragem BR para a elevação 1.210,0 m, em que são abordados aspectos geométricos do arranjo, maciço e fundação.

11.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

O maciço alteado da Barragem BR será construído pelo método de linha de centro, com a utilização de rejeito de magnetita drenada e compactado com controle carregada do pátio de deposição para composição do paramento de jusante e o lançamento de rejeito de flotação à montante da crista para a manutenção da largura da praia de rejeitos. Na Figura 11-1 é apresentado o arranjo geral do projeto de alteamento. Para maiores informações, ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0101.

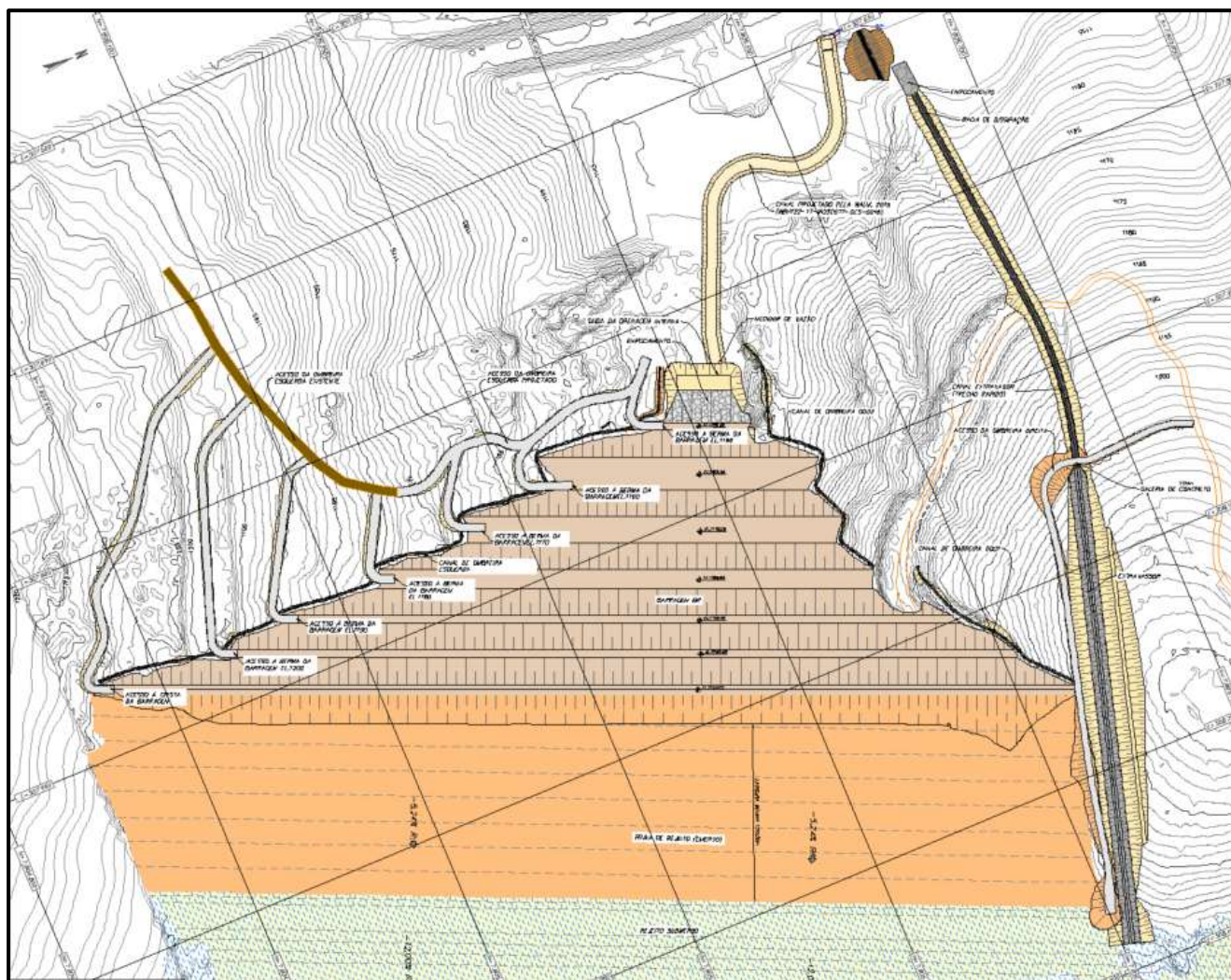


Figura 11-1 – Arranjo Geral – Alteamento – Barragem BR – El. 1210m

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 96/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

As características geométricas do novo maciço são as seguintes:

- Talude de montante com inclinação de 2,0 (H): 1,0 (V);
- Talude de jusante com inclinação entre bermas de 2,0 (H): 1,0 (V);
- Largura de bermas: 6, 15, 20 e 25 metros;
- Altura entre bermas: 10 metros;
- Largura de crista: 8 metros;

A Figura 11-2 apresenta a seção típica do maciço alteado.

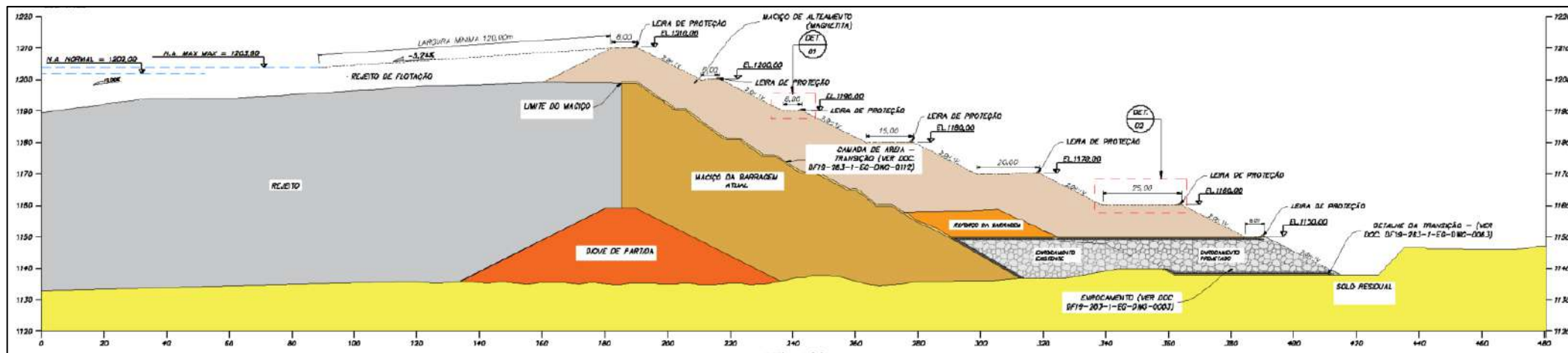



Figura 11-2 – Seção Central EE' do Maciço Alteado – El. 1210 m

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 98/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

O Alteamento foi dimensionado seguindo a concepção apresentada a seguir com a utilização dos seguintes materiais:

- Maciço – Rejeito de Magnetita compactada com controle;
- Manutenção da Praia – Rejeito de Flotação Underflow;
- Sistema Extravador (Canal de Aproximação) – Canal escavado com seção trapezoidal e revestimento vegetal;
- Sistema Extravador (Canal Rápido) – Canal em seção retangular com revestimento em concreto armado;
- Sistema Extravador (Bacia de Dissipação) – Trecho em seção retangular com revestimento em concreto armado;
- Sistema Extravador (Canal de Restituição) – Trecho em seção trapezoidal com revestimento em enrocamento;
- Transições – As transições consistem de três materiais: areia, brita 0 e brita 3;
- Dreno de pé – Enrocamento selecionado (D50 = 250mm).

Conforme já mencionado anteriormente, o sistema extravasor (ver DF19-263-1-EG-DWG-0026 a DF19-263-1-EG-DWG-0035) é composto pelos seguintes elementos:

- Trecho 1 (canal de aproximação): soleira vertente concebida em geometria trapezoidal, com base de 4,0 metros, altura variável, taludes laterais de 1,5 (H): 1 (V), com revestimento em concreto projetado até 3,0 m de altura e em seguida, com revestimento vegetal;
- Trecho 2: canal rápido concebido em geometria retangular e revestido em concreto, com base de 4,0 metros e altura variável, possuindo trecho em calha lisa e em degraus;
- Trecho 3: bacia de dissipação para redução do potencial erosivo das vazões vertidas, com seção retangular e revestida em concreto armado, possuindo 4 m de altura e 13 m de extensão.
- Trecho 4: canal de restituição revestido em blocos de diâmetro médio de 40 cm.

A Tabela 11.1 apresenta o resumo das características do dique projetado.


		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 99/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Tabela 11.1 - Resumo das características geométricas do Maciço Alteado na El. 1210m

Características	
Comprimento da Crista	746,0 m
Largura da Crista	8,00 m
Largura de Berma	6,00, 15,00, 20,00 e 25,00 m
Altura entre Berma	10,0 m
Largura Mínima de Praia	120,0 m
Cota da Crista	1210,00 m
Cota da Soleira da Calha Vertente	1202,00 m
Na Máx Maximorum	1203,90 m
Na Normal de Operação (Cota da Soleira do Extravasor)	1202,0 m
Borda livre (TR 10.000 anos)	6,10 m
Capacidade de barramento – EL.1200,00 a 1210,00 m (baseado no plano de disposição - documento DF19-263-1-EG-RTE-0002)	42,4 Mm ³

11.2 TRATAMENTO DE FUNDAÇÃO

O maciço deverá apoiar-se em terreno natural competente. Para isso, propôs-se ao longo do maciço e das ombreiras, que seja executada limpeza de fundação na espessura de 30 cm. Já na região de jusante, onde será prolongado o dreno de pé, propôs-se a escavação até a elevação 1.138,0 m com largura de 35 m. Esta escavação levou em consideração o resultado da campanha de sondagem realizada em 2020 e que identificou dois metros de solo mole abaixo da elevação 1.140 m a jusante da barragem.

O tratamento de fundação nas ombreiras e na região de fundação no alinhamento da crista consistiu na remoção da vegetação arbustiva e limpeza de *topsoil*, conforme apresentado na Figura 11-3. A Figura 11-4 apresenta o detalhamento da escavação na saída da drenagem interna. Para maiores detalhes ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0110 e .DF19-263-1-EG-DWG-0111.

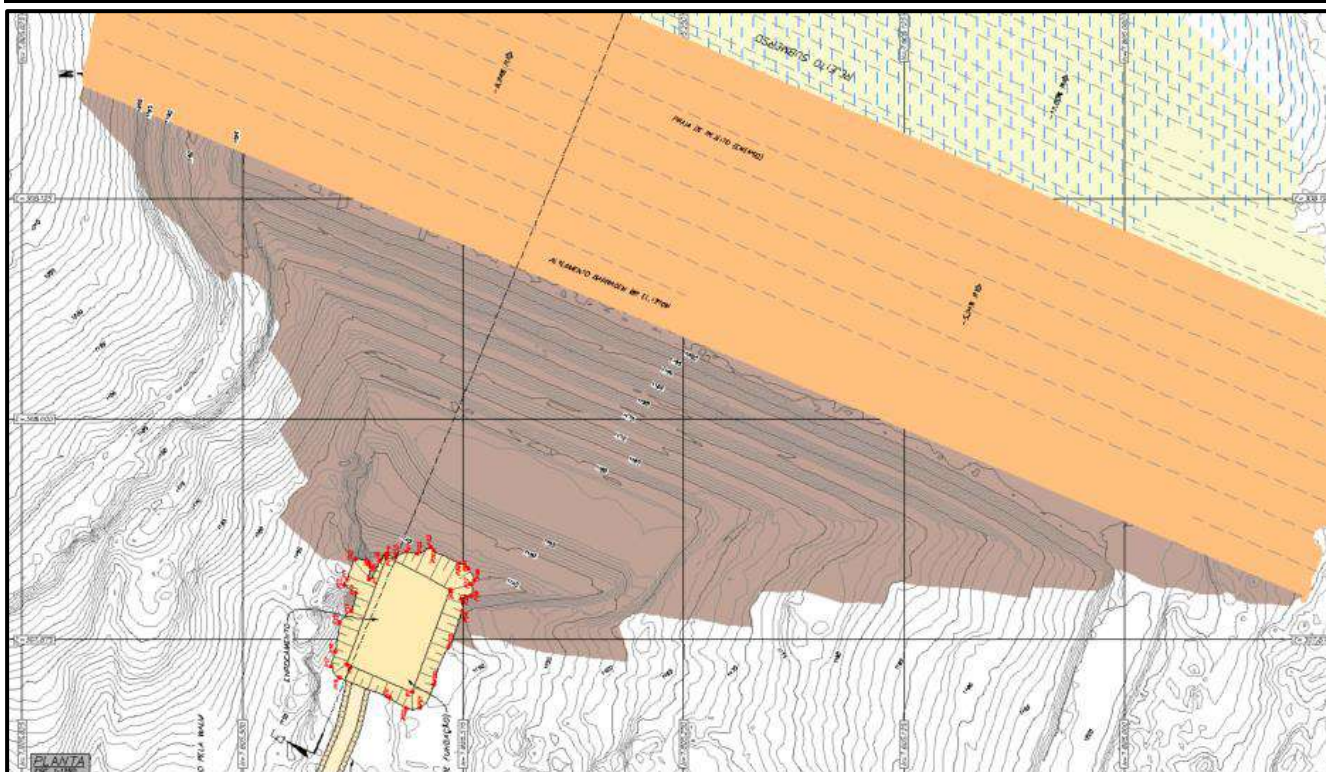


Figura 11-3- Tratamento de Fundação – Barragem BR – El. 1210 m

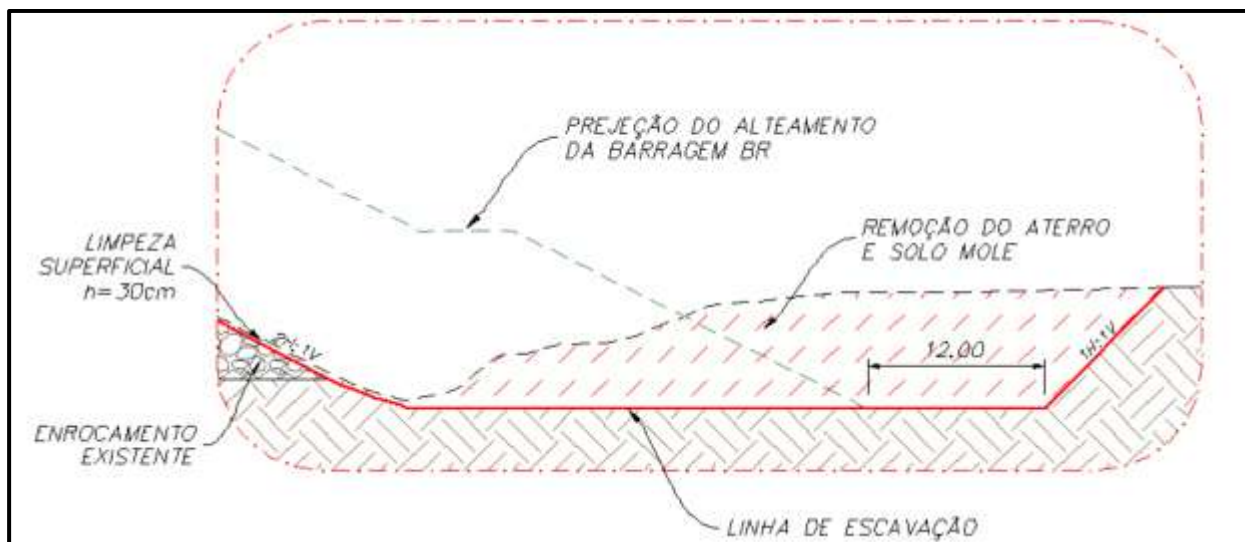


Figura 11-4- Tratamento de Fundação – Detalhe da região a jusante da barragem na saída da drenagem interna.

11.3 DRENAGEM INTERNA

A drenagem interna proposta para a Barragem BR é constituída pelo prolongamento do dreno de pé existente, dreno de contato entre o maciço atual e o maciço projetado, prolongamento do dreno existente na obreira esquerda e dreno de contato entre o maciço projetado e o solo de fundação nas ombreiras (Ver documentos DF19-263-1-EG-DWG-0112 a DF19-263-1-EG-DWG-0115).

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 101/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Além disso, no trecho do canal extravasor existente localizado na ombreira direita, no alinhamento da crista da barragem, previu-se a execução de um dique de fechamento em solo compactado. Este dique deverá possuir dreno inclinado de areia, colchão drenante e dreno de pé a jusante (Ver documento DF19-263-1-EG-DWG-0025).

Propôs-se ainda, sobre o contato com as ombreiras na porção a jusante até a elevação 1.185,0 m, que seja executado um dreno de contato com 50 cm de areia.

Entre o contato do maciço de magnetita atual e o projetado, propôs-se a execução de 30 cm de camada arenosa, com o objetivo de servir como filtro e também como material de transição.

11.3.1 Dimensionamento do Dreno de Contato e Colchão Drenante

As análises de percolação permitem conhecer a distribuição de pressões neutras, cargas piezométricas e o valor das vazões no interior do maciço e da fundação da barragem. O fluxo de água no interior do maciço deve ser captado e direcionado de maneira segura para a saída do sistema de drenagem, de modo que o nível freático não seja um fator condicionante para a segurança da estrutura.

As vazões no interior do maciço são os dados de entrada para o dimensionamento do sistema de drenagem interna. Neste projeto as análises foram feitas utilizando-se o software Slide (2018), da Rocscience.

O sistema de drenagem interna do maciço atual consiste em um dreno de pé, executado juntamente ao reforço, projeto da Walm, em 2019.

De forma a conduzir o fluxo de água da barragem atual para jusante do barramento, o sistema de drenagem interna do alteamento da barragem BR irá prolongar o enrocamento do dreno de pé existente, seguindo o alinhamento do vale, conforme apresentado na Figura 11-5. O objetivo geral das soluções propostas é disciplinar, ao máximo, o fluxo de água no interior do maciço, de forma a melhorar as condições de estabilidade da estrutura final.

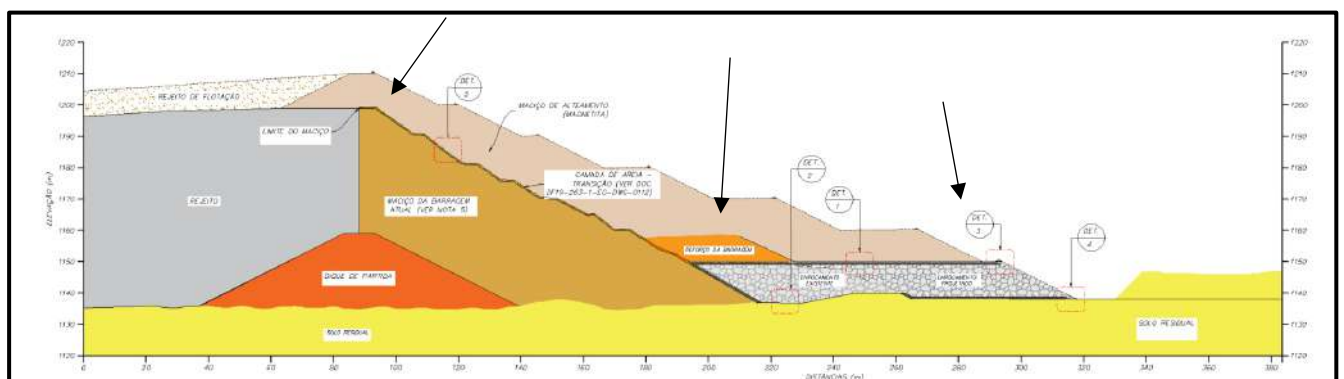


Figura 11-5 – Drenagem interna - Prolongamento

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 102/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Além disso, entre o contato do maciço atual e o maciço projetado de magnetita, é previsto um dreno de contato, como apresentado na Figura 11-6.

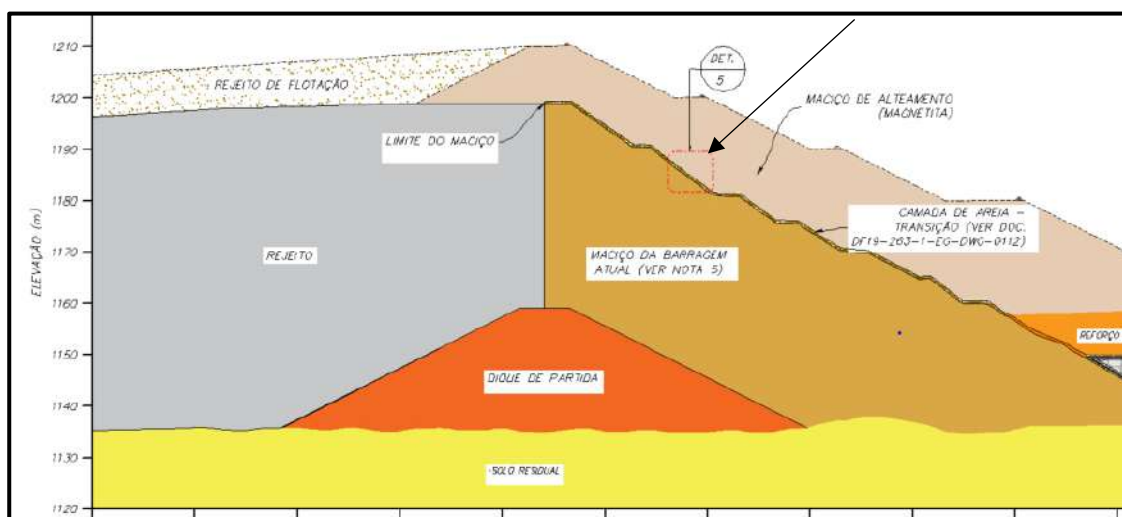


Figura 11-6 – Dreno de contato entre o maciço atual e o maciço projetado de magnetita

Para o dimensionamento do sistema de drenagem do alteamento foram feitas as seguintes considerações:

- Foram adotados os mesmos parâmetros de permeabilidade definidos pela calibração do modelo da condição inicial de obra.
- Compatibilização das leituras obtidas no modelo com as leituras recebidas dos medidores de vazão e sistema de bombeamento existente;

Tais considerações foram adotadas de modo que as análises de percolação representem as condições mais críticas para a drenagem dimensionada. Sendo assim, garante-se que o dimensionamento será adequado, uma vez que seu funcionamento foi avaliado para as condições mais adversas.

11.3.1.1 Determinação das vazões

A vazão obtida por análises de percolação da seção E-E' (apresentada anteriormente no item 9.1.1) é considerada vazão unitária (q), uma vez que corresponde ao volume de água que percola pelo colchão na seção transversal da barragem. De modo a determinar o volume de água que deve ser captado por todo o colchão, devemos transformar a vazão unitária em vazão total (Q), multiplicando a vazão unitária por um fator E , conforme a Equação 11-1 a seguir.

$$Q = 3600 \times q \times E \quad \text{Equação 11-1}$$

Onde:

- (Q) é a vazão total (m^3/h);

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 103/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

- (q) é a vazão unitária (m³/s/m);
- (E) é a extensão da seção drenante do maciço (m).

A extensão da seção drenante do maciço é determinada a partir da definição da área de influência da seção transversal analisada.

11.3.1.2 Área de influência

Para determinação das áreas de influência, foi considerada a seção transversal principal, seção E-E', apresentada na Figura 11-2, e uma seção longitudinal de maior altura da barragem, seção G-G', posicionada na elevação 1.200,0 m, como exemplifica a Figura 11-7.

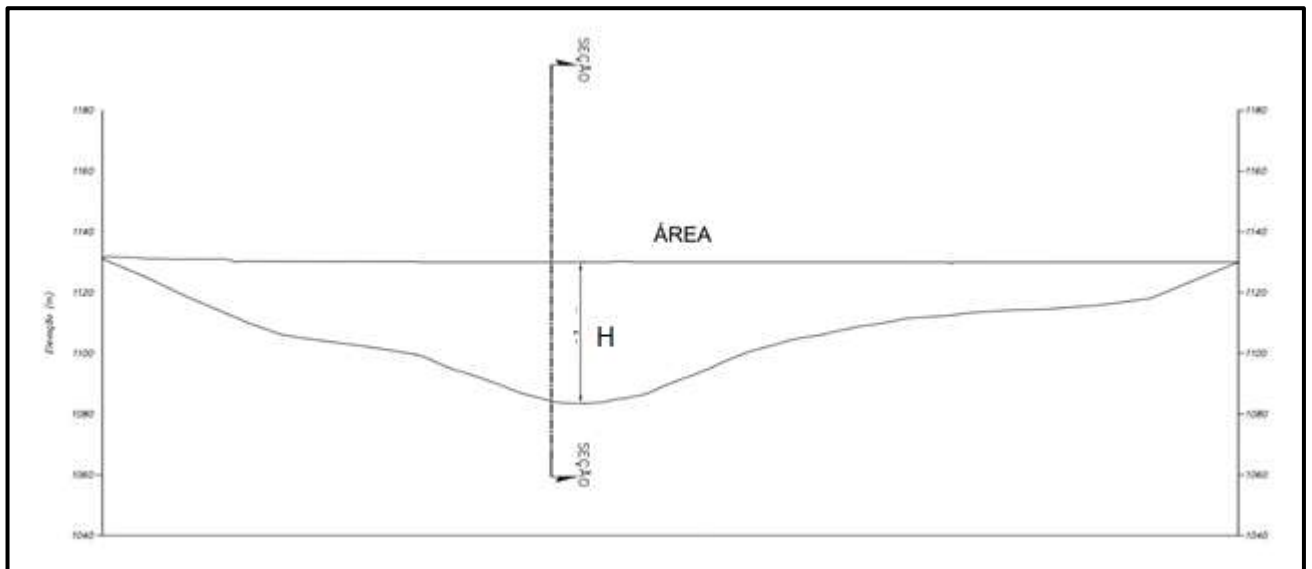




Figura 11-7- Seção geológico-geotécnica típica

Dessa forma, o fator E é definido pela Equação 11-2 como:

$$E = \frac{\text{Área}}{\text{Altura}} \quad \text{Equação 11-2}$$

Com isso, sendo a área da seção G-G' igual a 19.327,0 m² e a altura da seção E-E' igual a 60,0 m, têm-se o valor de E igual a 322.

A vazão unitária obtida para o dreno de contato será multiplicada por este fator, de forma a determinar a vazão total para o qual o dreno deve ser dimensionado. Ressalta-se que o fator E pode ser considerada a própria extensão da barragem, caso o leitor queira obter análises mais conservadoras.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 104/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

11.3.1.3 Modelo de Percolação

As análises de percolação tiveram por objetivo a definição, o dimensionamento e a verificação do funcionamento do sistema de drenagem interna projetado.

As análises foram realizadas utilizando o software Slide da Rocscience que, a partir da geometria da barragem, coeficientes de permeabilidade dos materiais e condições de contorno aplicadas, gera como resultado o traçado da linha freática, as linhas de fluxo e as vazões que percolam pelo maciço.

As condições de definição do sistema foram analisadas para a seção de maior altura da barragem, seção transversal E-E' e seção longitudinal G-G', considerando regime de fluxo estabelecido e suas respectivas vazões unitárias (q) em m³/s/m obtidas através do modelo de percolação apresentado no 9.2.1.

- Colchão Drenante

Para a condição atual da barragem (El. 1200m) não foi possível obter calibração do modelo em termos de vazões, quando comparadas às vazões reais atualmente medidas pelo bombeamento existente ao pé da barragem, que por sua vez são significativamente maiores.

No entanto, esta diferença encontrada entre as vazões de modelo e as medidas para a situação atual foram consideradas para a estimativa de vazões do cenário futuro de alteamento. Ou seja, a vazão de cenário futuro considerada para o dimensionamento do dreno de pé a ser implantado foi determinada a partir da majoração das vazões medidas atuais pelo fator correspondente à razão entre as vazões futura e atual, ambas obtidas via modelo de percolação.

Cabe ressaltar ainda que, para fins do dimensionamento do colchão drenante, foi considerado como cenário futuro o possível alteamento da estrutura para a El. 1230m, não apenas o alteamento para a El.1210m, motivo do projeto detalhado em tela.

Resumindo, têm-se que:

- Vazão unitária atual obtida no modelo ($q = 0,833\text{m}^3/\text{d}$), corresponde a vazão de bombeamento atual das bombas ($250\text{ m}^3/\text{h}$).
- Vazão unitária pós alteamento obtida no modelo ($q = 1,49\text{m}^3/\text{d}$), corresponde a vazão de bombeamento pós alteamento de $447\text{ m}^3/\text{h}$.

A Tabela 11.2 apresenta a vazão de dimensionamento do colchão drenante em m³/s, segundo as considerações apresentadas.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 105/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Tabela 11.2 – Vazão total do colchão drenante horizontal (m³/s)

Colchão Drenante	Q (m³/s)
Colchão Drenante	0,12

- Dreno de Contato

Para a vazão utilizada no dimensionamento do dreno de contato, utilizou-se a vazão obtida pela modelagem numérica (Slide 2018). A Tabela 11.3 apresenta o resultado obtido.

Tabela 11.3 - Vazões unitárias dos drenos de contato (m³/s/m)

Drenos de contato	q (m³/s/m)
Dreno de Contato (l=0,50)	1,41E-06

11.3.1.4 Dimensionamento do colchão drenante horizontal

No alteamento da Barragem BR é proposto a execução de colchão drenante. Ele foi dimensionado seguindo a metodologia de colchão drenante do tipo horizontal, considerando a linha de saturação (freática) dentro do dreno.

A espessura do colchão drenante horizontal pode ser calculada considerando as metodologias para o dreno trabalhando com fluxo livre (Dupuit, 1863) ou em carga (Darcy).

Para fluxo livre, calcula-se a espessura do dreno a partir da Equação 11-3:

$$H_f = \sqrt{\frac{2 \times Q \times FS \times C}{K_d \times L}} \quad \text{Equação 11-3}$$

Já para fluxo em carga tem-se a Equação 11-4:


$$H_f = \sqrt{\frac{Q \times FS \times C}{K_d \times L}} \quad \text{Equação 11-4}$$

Sendo:

$$Q = 3600 \times q \times E$$

Onde:

- (H_f) denota a espessura do dreno (m);
- (Q) denota a vazão total (m³/s);

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 106/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

- (q) denota a vazão unitária (m³/s/m);
- (E) denota a extensão da seção drenante do reforço (m);
- (C) denota o comprimento do dreno (m) – distância horizontal na seção estudada;
- (Kd) denota o coeficiente de permeabilidade do material do dreno (m/s);
- (L) denota a largura do dreno (m).

A espessura a ser adotada deverá ser igual ou maior a aquela encontrada pela Equação 11-4.

11.3.1.5 Dimensionamento do dreno de contato

No contato do maciço existente com o reforço será construído dreno de contato (DC), conforme apresentado na Figura 11-6.

O dimensionamento de drenos inclinados é realizado a partir da equação de fluxo livre e a linha de saturação (freática) se encontra acima do dreno, onde, de Darcy, têm-se a Equação 11-5.

$$H_f = \frac{Q \times FS}{Kd \times l \times L} \quad \text{Equação 11-5}$$

Onde:

- (H_f) denota a espessura do dreno (m);
- (Q) denota a vazão total (m³/s);
- (Kd) denota o coeficiente de permeabilidade do material do dreno (m/s);
- (L) denota a largura do dreno (m);
- (l) denota a inclinação do dreno (rad).

11.3.1.6 Resultados

Foram calculadas as vazões no colchão drenante e também no dreno de contato. Para o colchão drenante (prolongamento do dreno de pé), foi adotado a permeabilidade do mesmo material que compõe o dreno atualmente (enrocamento, kd = 0,1 m/s). Para o dreno de contato, foi definido dreno de areia (Kd = 1 x 10⁻⁴ m/s). As espessuras foram calculadas conforme memória de cálculo apresentada na Tabela 11.4 para o colchão drenante e Tabela 11.5, para o dreno de contato.



		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
		Nº MOSAIC -	PÁGINA 107/144
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Tabela 11.4 – Dimensionamento do colchão drenante horizontal.

Colchão drenante horizontal	Q (m ³ /s)	Kd (m/s)	C (m)	FS	L (m)	Hf fluxo carga (m)	Hf fluxo carga (m)
Colchão drenante	1,2E-01	1,0E-01	35,00	10	35	4,9	3,5

Tabela 11.5 - Dimensionamento dos trechos inclinados do dreno de contato

DRENO DE CONTATO	q (m ³ /s/m)	E (m)	Q (m ³ /s)	Kd (m/s)	I (rad)	FS	L (m)	Hf fluxo livre (cm)
Dreno de contato	1,41E-06	322	4,53E-04	1,00E-04	0,50	10	350	26

Diante da memória de cálculo exposta acima, foi definido o seguinte sistema de drenagem interna, composto por:

- Dreno de contato entre o maciço existente e o projetado, partindo do dreno existente do reforço até a elevação 1.200 m, ou seja, ao longo de todo o maciço existente. Todo o dreno será constituído de areia com espessura de 30 cm.
- Apesar da memória de cálculo indicar que 4,9 m de espessura do colchão drenante seria suficiente, em relação às análises de estabilidade e mitigação do modo de falha por liquefação, o prolongamento do dreno de pé, da cota atual em que o mesmo se encontra (EL. 1150 m) se mostrou mais seguro, uma vez que este material não se mostra susceptível a liquefação. Com isso, foi adotado o prolongamento do dreno de pé a partir da EL. 1150 m.

Os desenhos com planta, seções e detalhes do projeto de drenagem interna estão apresentados nos documentos DF19-263-1-EG-DWG-0112 e DF19-263-1-EG-DWG-0113.

11.3.2 Aterro do Sistema Extravasador Atual - Dimensionamento do Dreno Inclinado e Colchao Drenante

O sistema extravasador atual encontra-se na margem direita da estrutura, sendo sua seção transversal no alinhamento junto ao maciço existente apresentada na Figura 11-8. Com o alteamento da Barragem BR para a El. 1210m, será necessária a obstrução do canal existente, uma vez que o extravasador será reposicionado.

Para tanto, será proposta a execução de um núcleo de solo argiloso compactado até a El. 1195,00m, com dreno inclinado e tapete drenante a jusante. Tais medidas são necessárias pois trata-se de uma região com predisposição ao fluxo, em função do canal existente.

O Núcleo foi dimensionado segundo a metodologia indicada por Cruz, 1996.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 108/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Segundo o autor, a largura do núcleo de barragens de terra-enrocamento deve respeitar as dimensões mínimas, em metros, seguindo a Equação 11-6, para controlar erosões e propiciar boa compactação.

$$b = 6 + 0,2\Delta h \quad \text{Equação 11-6}$$

Onde Δh é a diferença de carga dos pontos a montante e jusante do plano considerado; e b, a largura do núcleo em qualquer elevação.

Para este projeto, prevendo um futuro alteamento, considerou-se a perda de carga igual a 35 m, obtendo assim uma largura igual 13 m.

A metodologia empregada para o dimensionamento da drenagem interna neste aterro compactado é a mesma apresentada no item 11.3.1.5.

Para a determinação da vazão foi realizada uma análise de percolação por modelagem numérica, considerando a geometria atual do extravasor (1.186,0 m) e possíveis alteamentos futuros até a elevação 1.230m.

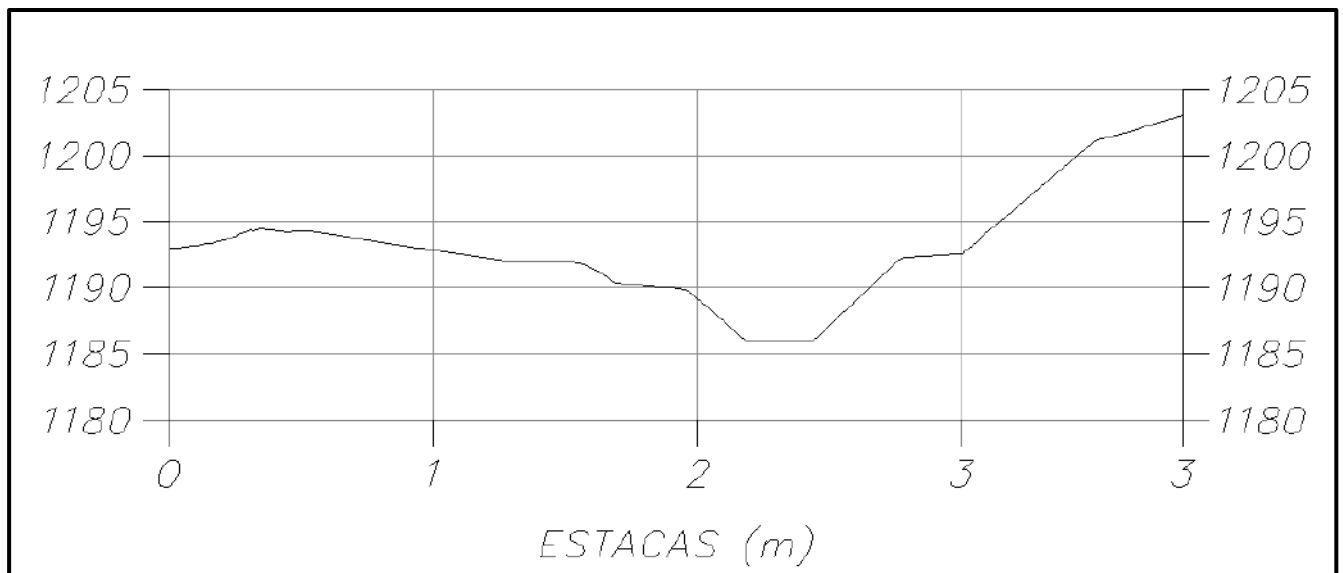


Figura 11-8- Seção transversal do sistema extravasor atual no alinhamento do maciço do alteamento para elevação 1.210,0 m.

A Tabela 11.6 apresenta o resumo da memória de cálculo do Dreno inclinado e do colchão drenante proposto. Inicialmente, considerou-se uma areia com permeabilidade de 1,0E-04 m/s.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
		Nº MOSAIC -	PÁGINA 109/144
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

Tabela 11.6 – Dimensionamento do colchão drenante horizontal.

Tapete drenante horizontal e Dreno inclinado	q (m ³ /s/m)	E (m)	Q (m ³ /s)	Kd (m/s)	i (m)	FS	L (m)	Hf fluxo livre (cm)
Colchão drenante	7,7E-06	56	4,3E-04	5,0E-02	0,06	10	5	27,6
Dreno Inclinado	6,1E-07	56	3,4E-05	1,0E-04	0,67	10	56	9,0

Com isso, a partir da memória de cálculo exposta acima e dos resultados encontrados, propõe-se o seguinte sistema de drenagem:

- Dreno inclinado de 60 cm de espessura até a elevação 1.195,0 m (Figura 11-9);
- Tapete drenante tipo sanduiche com 30 cm de brita 0 e transição em areia com 20 cm de espessura (Figura 11-10);
- Camada de areia de 20 cm de espessura, na elevação 1.195,0 m a montante do Dreno inclinado, com 24 m de largura ao longo da extensão da crista do aterro (Figura 11-9).
- Proteção em enrocamento na saída da drenagem interna com largura de 1 m, altura de 1,70 m e mesma inclinação do aterro compactado (Figura 11-11).

Da Figura 11-9 a Figura 11-11 estão apresentados os detalhes da solução indicada.

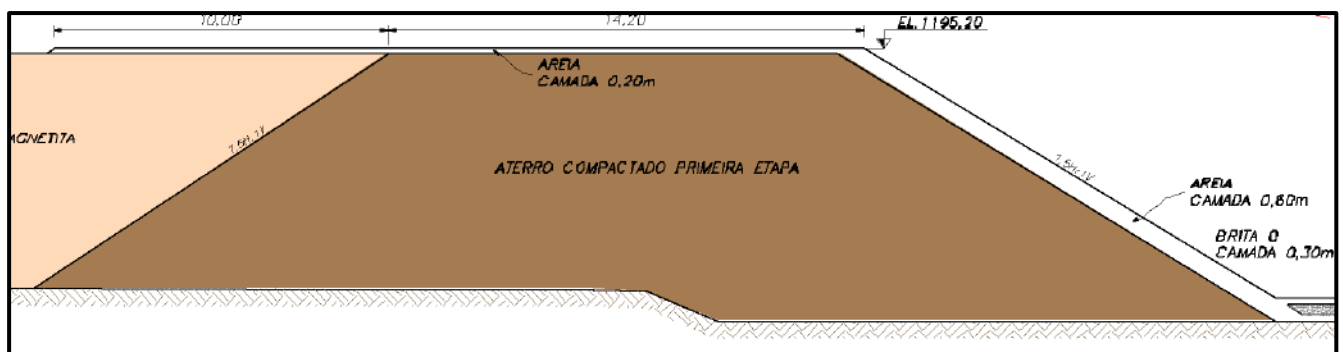


Figura 11-9 – Detalhamento do dreno inclinado, camada de areia a montante do mesmo e colchão drenante sanduiche a jusante.

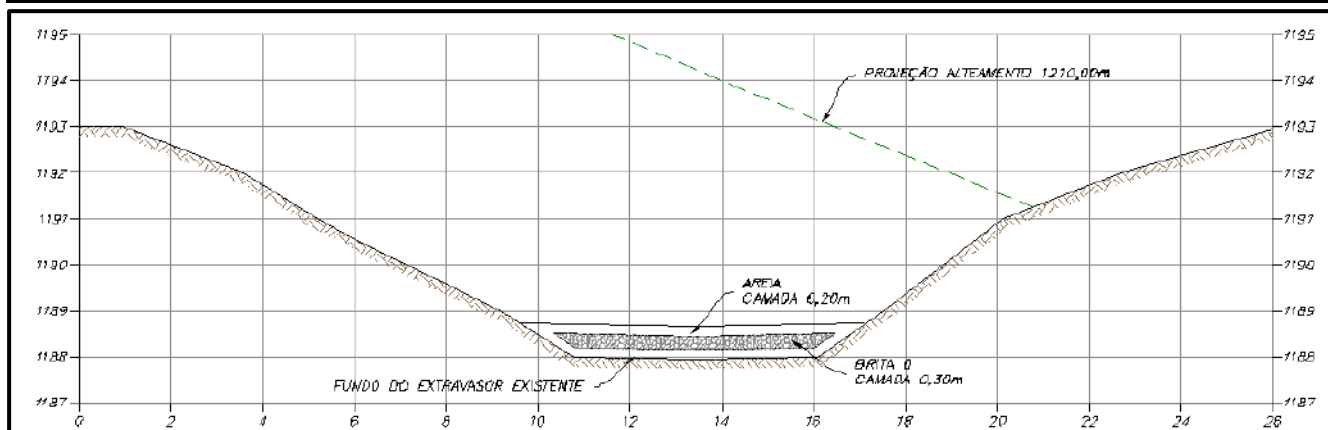


Figura 11-10 – Detalhamento do colchão drenante.

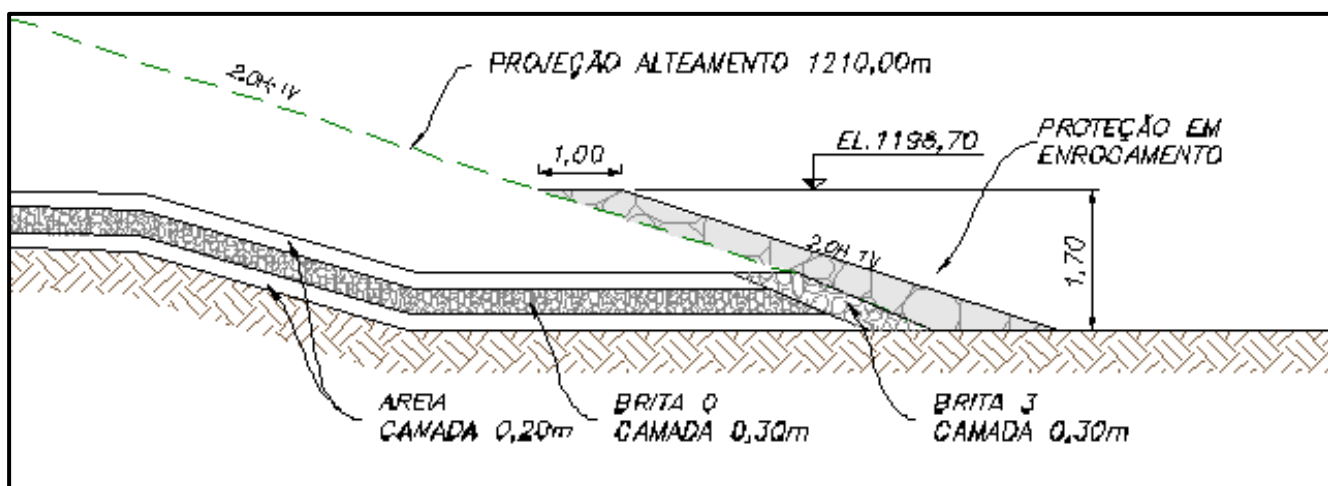


Figura 11-11 – Detalhamento da saída drenagem interna mostrando a camada drenante, as transições e o enrocamento, como dreno de pé.

Os desenhos com planta, seções e detalhes do projeto de drenagem interna do aterro compactado estão apresentados no documento DF19-263-1-EG-DWG-0025.

11.3.3 Prolongamento do Dreno da Ombreira Esquerda

Em 2019, foi executado um dreno na ombreira esquerda com o intuito de eliminar as surgências anteriormente detectadas no local. O projeto foi desenvolvido pela Walm Engenharia, conforme geometria apresentada na Figura 11-12 e atualmente seu eixo atravessa o acesso por meio de uma tubulação, desaguardo em ravina natural a jusante da barragem BR, próximo ao pé da barragem BD2.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 111/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

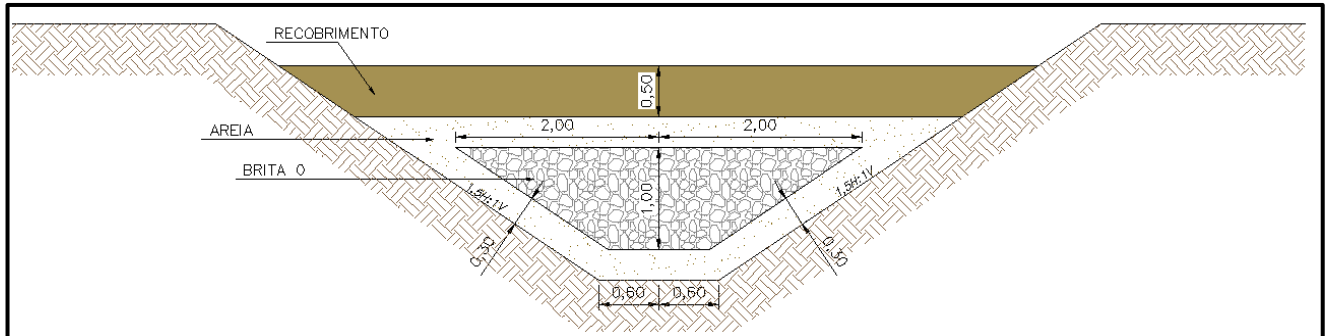


Figura 11-12- Geometria do dreno projetado pela Walm na ombreira esquerda da barragem BR (WBH122-17-MOSC061-DES-0013).

Como parte do projeto em tela, foi proposto a escavação total deste dreno e sua replantação de forma a garantir a não interferência com nenhuma estrutura do projeto de alteamento, tais como: canal de ombreira esquerda (COE) e acesso da ombreira esquerda. Com isso, o desaguamento do canal ocorrerá antes do acesso projetado, sendo que a água proveniente do mesmo será coletada pela canaleta, padrão DNIT, do acesso, com direcionamento a jusante da barragem BR. A Figura 11-13 mostra, em planta, o canal projetado.

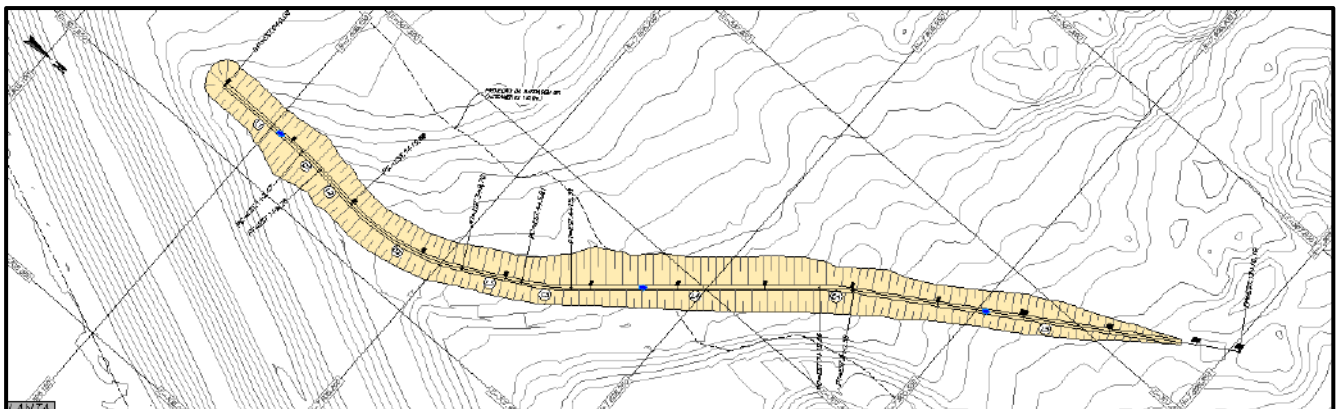


Figura 11-13- Prolongamento do dreno na ombreira esquerda.

11.4 TRANSIÇÕES

O projeto de alteamento da Barragem BR prevê a implantação de uma transição no contato da fundação e do maciço projetado, que terá também a função de dreno de contato. Além disso, prevê transições entre o solo de fundação e o enrocamento do dreno de pé, assim como entre a magnetita e o dreno de pé.

Neste item é apresentado o dimensionamento granulométrico dos materiais que constituirão estas transições.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 112/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

11.4.1 Transição em Areia, Brita 0 e Brita 3

As transições foram dimensionadas de acordo com os critérios de retenção e permeabilidade apresentados por Terzaghi e Peck (1948), como descrito a seguir:

- Critério de permeabilidade
 $D_{15(\text{Filtro})} > 5 D_{15}(\text{material a ser protegido})$;
- Critério de retenção
 $D_{15(\text{Filtro})} < 5 D_{85}(\text{material a ser protegido})$.

O dimensionamento das transições também foi verificado considerando o critério de uniformidade apresentado por Fell (2005), conforme equação apresentada abaixo.

- Critério de uniformidade:
 $D_{60}(\text{Filtro}) \leq 6 \times D_{10}(\text{Filtro})$

11.4.1.1 Transição 1 – Entre a Magnetita e o Enrocamento

A Tabela 11.8 apresenta as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o enrocamento e o solo de fundação para o projeto de alteamento da Barragem BR. Conforme acordado com a MOSAIC, a faixa granulométrica da magnetita utilizada para o dimensionamento das transições é a mesma que foi utilizada pela Walm no dimensionamento das transições quando da realização do projeto de reforço em 2019, fornecido na especificação técnica de número WBH122-17-MOSC061-ETC-0003.

Com isso, o dimensionamento das transições entre a magnetita e o enrocamento se deu conforme memória de cálculo da Tabela 11.7.

Tabela 11.7 – Faixas granulométricas entre a magnetita e o enrocamento.

FAIXAS GRANULOMETRICAS											
D_N	%	Magnetita Inferior	Magnetita Superior	Areia Inferior	Areia Superior	Brita 0 inferior	Brita 0 superior	Brita 3 inferior	Brita 3 superior	Enrocamento inferior	Enrocamento superior
	0%	0,0010	0,0010	0,3000	0,5000	2,0000	4,0000	18,0000	30,0000	110,00	220,00
D_5	5%	0,0100	0,0400	0,3500	0,6000	2,5000	4,3000	19,0000	31,0000	120,00	230,00
D_{10}	10%	0,0480	0,0800	0,4000	0,7000	2,8000	4,6000	20,0000	32,0000	130,00	240,00
D_{15}	15%	0,0700	0,1200	0,5000	0,8000	3,2500	5,2000	21,0000	34,0000	140,00	250,00
D_{20}	20%	0,1000	0,1600	0,6000	1,0000	3,5000	6,0000	24,0000	40,0000	150,00	270,00
D_{30}	30%	0,1700	0,2300	0,7000	1,2000	4,0000	7,0000	29,0000	45,0000	160,00	300,00
D_{40}	40%	0,2200	0,3200	0,8000	1,5000	4,5000	8,0000	33,0000	50,0000	170,00	330,00
D_{50}	50%	0,3000	0,4100	1,0000	1,8000	5,0000	9,0000	38,0000	60,0000	180,00	350,00
D_{60}	60%	0,4000	0,5300	1,2000	2,3000	6,0000	10,0000	40,0000	70,0000	200,00	380,00
D_{85}	85%	0,8000	1,3000	1,8000	3,1000	7,0000	12,0000	52,0000	80,0000	240,00	420,00
D_{90}	90%	1,0000	1,5000	2,0000	3,5000	7,5000	13,0000	55,0000	85,0000	260,00	440,00
D_{95}	95%	1,4000	1,8000	2,2000	3,7000	8,0000	14,0000	60,0000	90,0000	280,00	460,00
	100%	2,0000	4,5000	2,5000	4,0000	9,0000	15,0000	70,0000	100,0000	300,00	500,00

A Figura 11-14 exibe as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre a magnetita e o enrocamento.

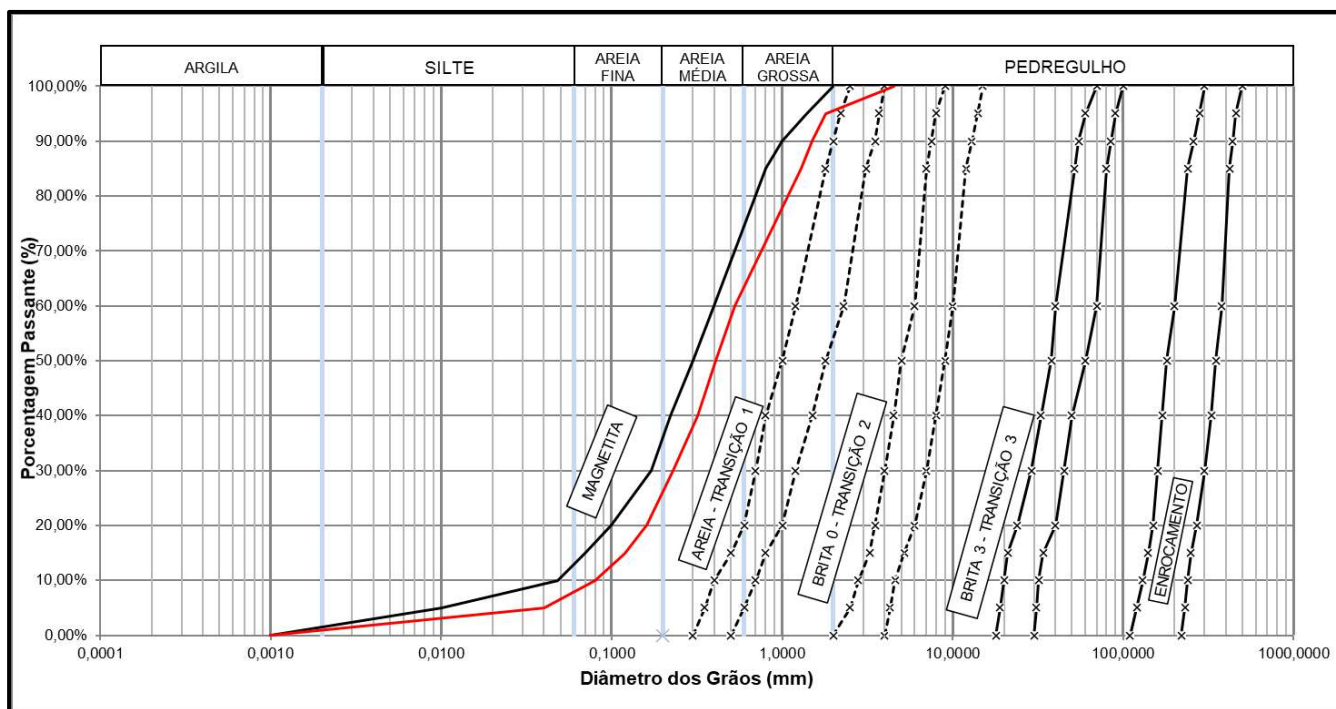




Figura 11-14 - Curvas granulométricas entre a magnetita e o enrocamento.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 114/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

11.4.1.2 Transição 2 – Entre o enrocamento e o solo de fundação

A Tabela 11.8 apresenta as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o enrocamento e o solo de fundação para o projeto de alteamento da Barragem BR.

Tabela 11.8 – Faixas granulométricas entre a fundação e o enrocamento.

FAIXAS GRANULOMETRICAS											
D_N	%	Fund. Inferior	Fund. Superior	Areia Inferior	Areia Superior	Brita 0 inferior	Brita 0 superior	Brita 3 inferior	Brita 3 superior	Enrocamento inferior	Enrocamento superior
	0%	0,0000	0,0006	0,0600	0,1200	0,6000	1,0500	10,0000	16,5000	85,00	130,00
D_5	5%	0,0001	0,0008	0,0700	0,1300	0,7000	1,1500	11,0000	17,0000	90,00	135,00
D_{10}	10%	0,0002	0,0012	0,0800	0,1400	0,8000	1,2500	12,0000	17,5000	95,00	140,00
D_{15}	15%	0,0003	0,0016	0,0900	0,1500	0,9000	1,3500	13,0000	18,0000	100,00	150,00
D_{20}	20%	0,0004	0,0046	0,1000	0,1700	1,2000	1,8000	15,0000	20,0000	120,00	180,00
D_{30}	30%	0,0005	0,0140	0,1100	0,1800	1,5000	2,2000	17,0000	24,0000	140,00	205,00
D_{40}	40%	0,0021	0,0250	0,1200	0,1900	1,8000	2,7000	20,0000	28,0000	160,00	230,00
D_{50}	50%	0,0080	0,0370	0,1300	0,2000	2,1000	3,2000	23,0000	32,0000	185,00	260,00
D_{60}	60%	0,0190	0,0660	0,1800	0,3000	2,6000	4,0000	26,0000	38,0000	200,00	290,00
D_{65}	85%	0,1000	0,5000	0,2700	0,5500	3,6000	5,0000	30,0000	45,0000	220,00	320,00
D_{90}	90%	0,1500	2,2000	0,3200	0,8000	4,2000	6,0000	35,0000	55,0000	240,00	340,00
D_{95}	95%	0,5000	2,4000	0,4500	0,9000	4,8000	7,0000	40,0000	65,0000	260,00	400,00
	100%	2,4000	11,8000	0,5500	1,0000	5,5000	8,0000	45,0000	75,0000	300,00	500,00

A Figura 11-15 exibe as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o solo de fundação e o enrocamento.

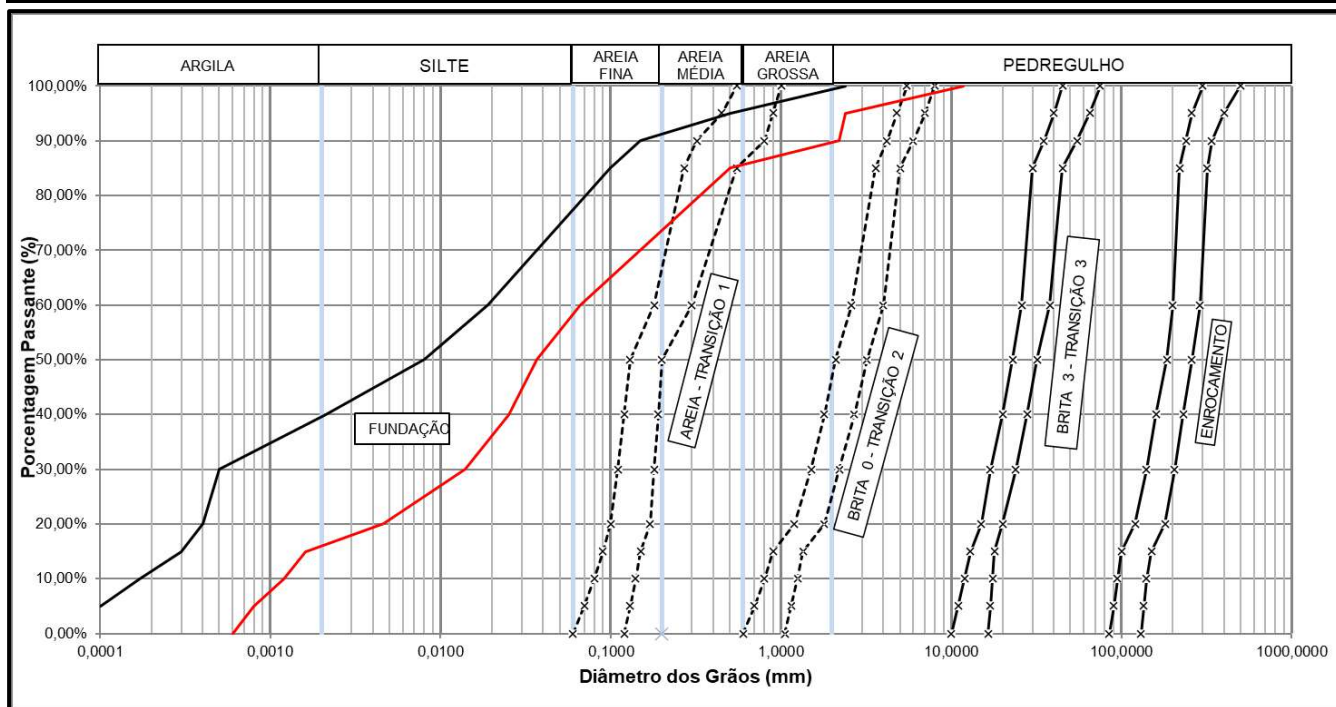


Figura 11-15 - Curvas granulométricas entre a fundação e o enrocamento.

A partir dos resultados obtidos para as transições acima, a DF+ recomenda que no caso da transição em areia seja utilizado a areia grossa, para transição entre a magnetita e o enrocamento, e areia fina a média para transição entre o enrocamento e a fundação.

11.4.2 Transição Entre a Magnetita e o Solo de Fundação

Entre a magnetita e o solo de fundação foi proposto uma transição em areia de espessura igual a 30 cm ao longo de todo o contato da magnetita e a fundação a partir da elevação 1.185,0 m. A Figura 11-16 apresenta um detalhe desta transição. A adoção desta transição foi utilizada como boas práticas de engenharia no sentido de evitar a contaminação da magnetita com o solo de fundação, além de servir como dreno de contato.

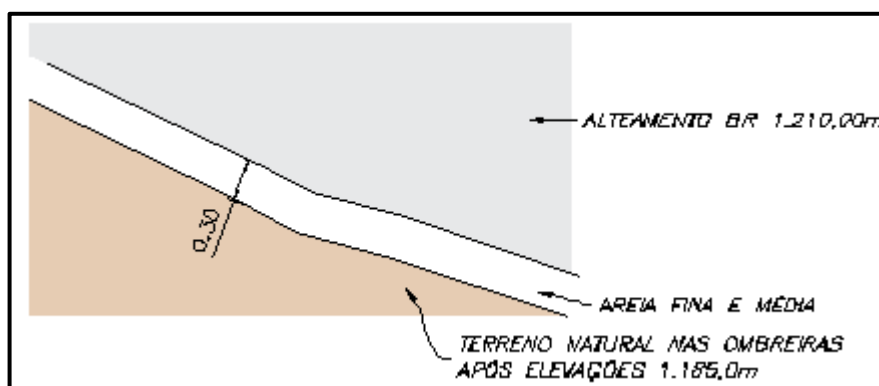



Figura 11-16- Detalhe da transição entre o maciço de magnetita e a fundação.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 116/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

11.5 INTERFERÊNCIAS

11.5.1 Medidores De Vazão Existente

Atualmente há dois medidores de vazão existentes no pé da barragem. Estes medidores devem ser removidos, quando da execução do reforço.

11.5.2 Canaletas De Drenagem Superficial

Foi identificada canaleta ou tubulação de drenagem superficial na ombreira esquerda juntamente ao alinhamento do acesso. Estas, deverão ser demolidas e removidas antes do início das obras de alteamento.

11.5.3 Sistema de Vídeo Monitoramento

Foi identificado a jusante da barragem BR o sistema de vídeo monitoramento. Recomenda-se o deslocamento deste sistema para outro local, de forma a não atrapalhar o andamento das obras de alteamento, nem mesmo a danificá-lo (Ver documento DF19-263-1-EG-DWG-0068).

11.5.4 Rede Elétrica

Foi identificado à jusante da Barragem BR, rede elétrica que pode atrapalhar as obras de alteamento. Este sistema deve ser deslocado antes do início das obras do alteamento.

11.5.5 Solo Mole - Colúvio

Na campanha de sondagem realizada em 2020 para a execução deste projeto, foi identificado solo mole a jusante da barragem nas sondagens SM01, SM02 e SM03. Na planta de tratamento de fundação (DF19-263-1-EG-DWG-0110) estão identificadas as seções com remoção deste material. Todo solo mole a jusante da barragem deve ser removido, como indicado na planta de escavação, devendo a fundação estar assente sobre solo residual de competência garantida.

Quando das escavações para tratamento de fundação e remoção de solo mole, poderá ser alterado a espessura estimada de remoção (2 m), caso venha a ser identificado trechos de solo mole com espessuras maiores que o previsto neste projeto. Esta alteração deverá ser aprovada pela Mosaic, Projetista e ATO.

11.5.6 Sistema Extravasor Atual

O extravasor atual deve ser desativado e no alinhamento do projeto para elevação 1.210,0 m, deve ser obstruído mediante aterro de solo compactado. Ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0025.

A Figura 11-17 apresenta a seção típica do solo compactado na região do extravasor.

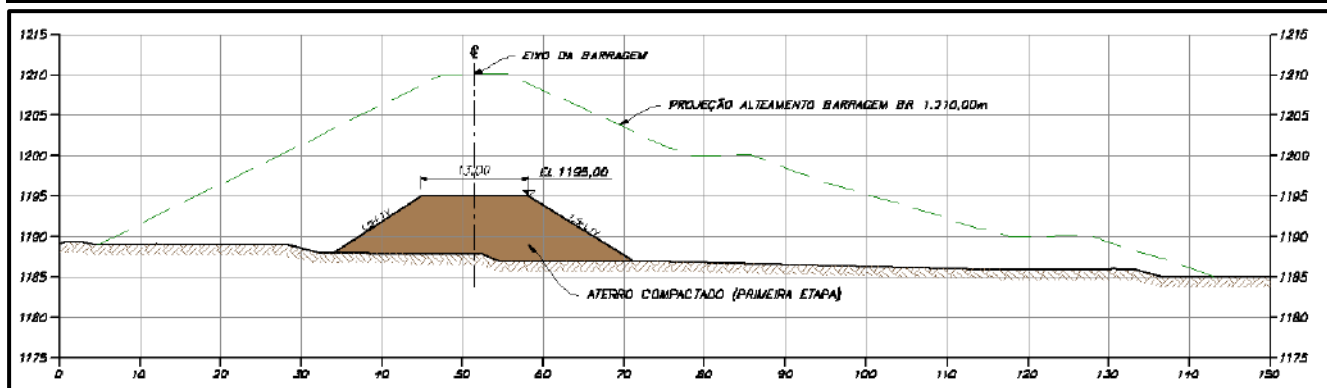


Figura 11-17 – Seção típica de solo compactado no alinhamento do extravasor.

Antes, porém, será necessária a execução da limpeza de fundação, em que foi prevista a retirada de 30 cm de material sob a área de projeto do aterro compactado. Tal espessura deverá ser confirmada em campo pela fiscalização, com o intuito de se certificar quanto à competência do material de fundação.

11.5.7 Marcos Superficiais Existentes

Os marcos superficiais existentes em concreto devem ser demolidos e removidos antes do início do alteamento.

11.5.8 Ensecadeira a Jusante da Barragem

A poucos metros a jusante do pé atual da Barragem BR encontra-se uma ensecadeira que foi construída com o intuito de permitir a execução do reforço da estrutura projetado pela Walm Engenharia, em 2019. Esta foi uma medida necessária pois o reservatório da Barragem BD5, existente à jusante, afogava o pé da Barragem BR. Desde então, o fluxo oriundo da drenagem interna da BR é bombeado para a jusante da ensecadeira, no reservatório da BD5.

Com o advento do projeto de alteamento da BR para a El. 1210 m, no entanto, esta ensecadeira deverá ser removida, para permitir o fluxo livre da drenagem interna considerando o cenário futuro.

Para tanto, será necessário construir outra ensecadeira à jusante, com o intuito de possibilitar a construção do prolongamento do dreno de pé e o alteamento, posteriormente.

O projeto desta nova ensecadeira não foi escopo deste projeto em tela, tendo em vista que uma estrutura desta natureza foi contemplada no projeto executivo WBH122-17-MOSC077-RTE-0003, elaborado pela Walm Engenharia em 2020 e disponibilizado à DF+ pela MOSAIC.

Neste projeto da Walm, que apresenta a ensecadeira posicionada a cerca de 400 m à jusante da Barragem BR, consta inclusive um canal cujo emboque é próximo à saída da drenagem do pé da BR e termina junto à ensecadeira proposta. No entanto, observou-se que a elevação do seu emboque é superior à elevação da saída da drenagem da BR. A Figura 11-18 apresenta a planta com a ensecadeira e o canal projetados.

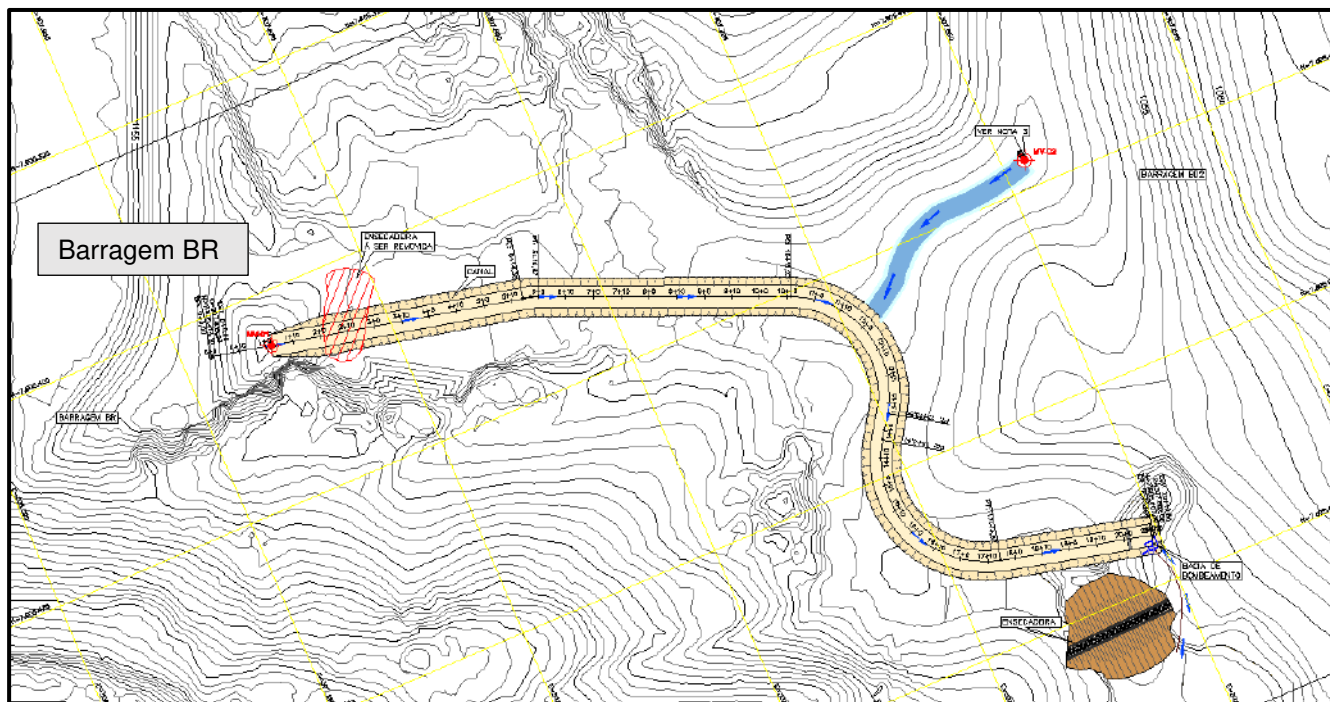


Figura 11-18 – Ensecadeira e canal projetado pela Walm em 2020 (WBH122-17-MOSC077-DES-0018)


Neste sentido, para não comprometer o funcionamento da drenagem interna, a DF+ recomenda a revisão do projeto da Walm, realizando a sua compatibilização com o projeto de alteamento em epígrafe.

É importante também destacar que a ensecadeira proposta deverá ser mantida, enquanto não existirem ações para o rebaixamento efetivo do reservatório da BD5 à jusante e que, além disso, o bombeamento à montante seja contínuo de modo a não afogar o pé da BR. Diante deste cenário, portanto, a DF+ recomenda que as ações para o rebaixamento do reservatório da BD5 sejam priorizadas pela MOSAIC nos próximos meses com vistas a garantir a segurança de todo o sistema.

11.5.9 Base Topográfica – Compatibilização

A base topográfica utilizada é composta por levantamentos topográficos disponibilizados pela MOSAIC através dos arquivos A, B, C e D seguintes e se encontra consolidada no desenho DF19-263-1-TG-DWG-0001.

- A. “Topobatimetria Barragem BR Lago 1 – Agosto 2019.dwg”: Levantamento Topobatimétrico – CCC Topografia – Ago/2019;
- B. “Topobatimetria BR Lago 3 – Agosto 2019.dwg”: Levantamento Topobatimétrico – CCC Topografia – Mar/2019;

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 119/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

- C. “curvas_de_nível_cmt.shp”: Base topográfica disponibilizada pela MOSAIC em outubro/2016 para o estudo de ruptura hipotética, realizado pela VOG (Relatório de número VG17-092-1-EG-RTE-0024).
- D. “LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO – MACIÇO BARRAGEM BR – CMT.dwg”: Levantamento disponibilizado em abril/2020.

A topografia citada na nota C foi deslocada em 32,11 m (E) e 13,44 m (N) para melhor se ajustar aos levantamentos citados nas notas A e B.

Quando da execução das obras, as quantidades de escavação e aterro poderão divergir em função da utilização destas bases. Com isso, a equipe de fiscalização poderá fazer ajustes advindos dos erros que poderão acarretar dessa junção.

A fundação da barragem, em hipótese alguma deverá ser apoiada em aterro já existente. Caso seja encontrado este material, a fiscalização deverá ser informada, cabendo a mesma indicar a remoção do aterro.

11.5.10 Balsa Para Captação de Água Bruta

Com o alteamento da BR e considerando a ampliação da praia de rejeitos, a balsa existente deverá ser deslocada a fim de continuar atendendo a captação de água para alimentação da usina de beneficiamento.

11.5.11 Microssísmica, Torre de Transmissão de Sinal e inclinômetro

Foi informado pela Mosaic que há em implantação no corrente ano algumas interferências, como microssísmica, torre de transmissão de sinal a ser implantada ao lado esquerdo do canal extravasor existente e inclinômetro.

Tais interferências, quando da implantação, devem ser adequadas ao projeto executivo em tela.

11.5.12 Canal Extravasor Projetado – Estabilidade

Uma vez que, para a execução do canal extravasor, será necessário a escavação de um trecho considerável, fez-se necessário a análise de estabilidade da seção crítica do mesmo. Para isso, considerou-se a seção escavada de maior altura, estando presente na estaca 10.

A Figura 11-9 apresenta a imagem com a análise de estabilidade da estaca 10, e os parâmetros adotados. Como as sondagens no alinhamento do sistema extravasor são um tanto quanto superficiais, e a sondagem mais profunda evidenciou um solo mais competente a partir de 7 m de profundidade, considerou-se então que os parâmetros do solo até 7 m de profundidade teriam os mesmos parâmetros de fundação utilizados nas análises de estabilidade da fundação da Barragem BR e a partir dessa profundidade considerou-se o solo com um saprolito com os parâmetros apresentados, adotados com base na experiência da contratada.

Pode-se observar, com base nessas considerações, que a seção considerada crítica, alcançou fator de segurança local de 1,56 e global de 2,11.

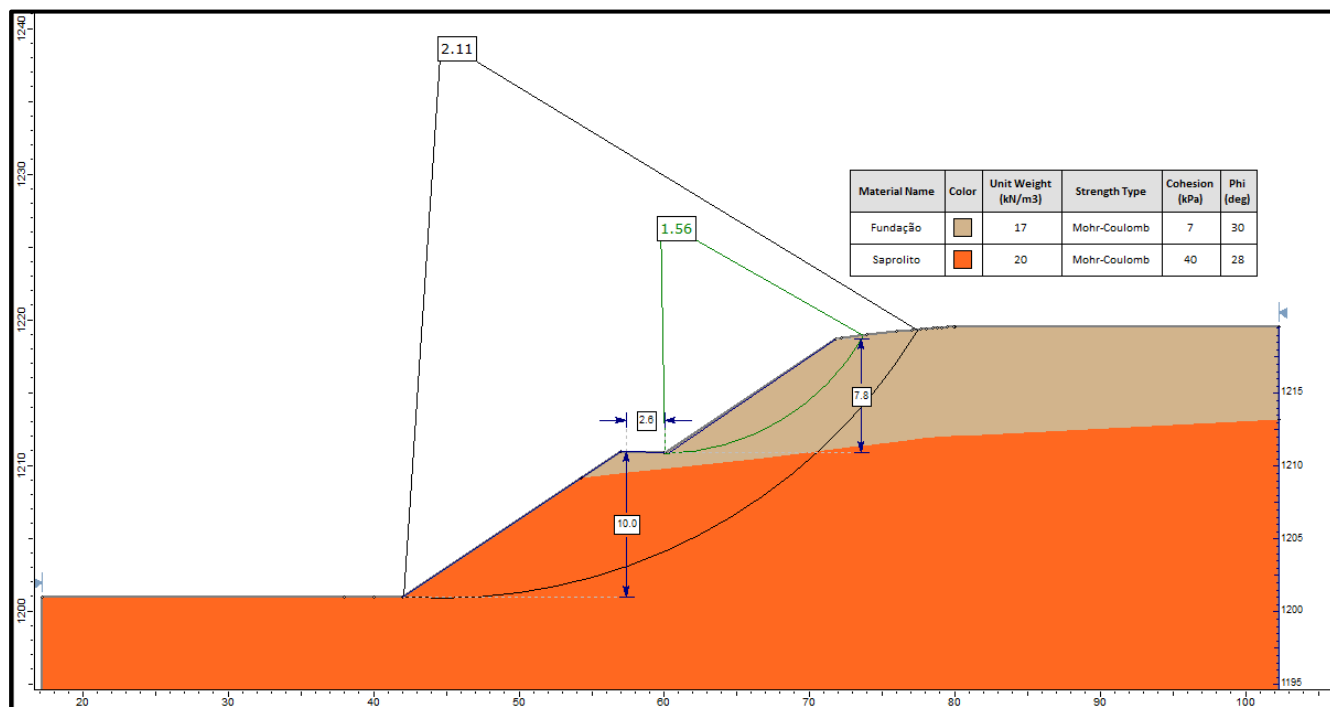


Figura 11-19 – Seção Típica – Estaca 10.

11.6 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO COMPLEMENTAR

Para o alteamento da Barragem BR na elevação 1210 m foi elaborado um plano de instrumentação complementar com o objetivo de garantir o monitoramento da estrutura nesta nova elevação, além de propor adequações aos instrumentos instalados atualmente.

O plano encontra-se apresentado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138 e considerou as seguintes modificações:

- 14 indicadores de nível d'água existentes deverão ser prolongados;
- 3 indicadores de nível d'água existentes deverão ser mantidos;
- 2 indicadores de nível d'água existentes deverão ser desativados;
- 7 indicadores de nível d'água deverão ser instalados;
- 8 piezômetros do tipo Casagrande deverão ser prolongados;
- 6 piezômetros do tipo Casagrande deverão ser instalados;
- 1 piezômetro do tipo Casagrande deverá ser desativado;
- 8 marcos superficiais existentes deverão ser removidos;
- 3 marcos superficiais existentes deverão ser mantidos;
- 12 marcos superficiais deverão ser instalados;
- 2 medidores de vazão existentes deverão ser demolidos;
- 2 medidores de vazão deverão ser instalados;





**PROJETO DETALHADO DE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL
1210 m**

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 121/144
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

- 1 régua linimétrica existente deverá ser removida;
- 1 régua linimétrica deverá ser instalada.

Os instrumentos existentes deverão ser mantidos e protegidos durante o período construtivo. Caso sejam danificados, deverá ser realizada uma avaliação da possível instalação de novo instrumento.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 122/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

11.7 REVESTIMENTO VEGETAL – TOP SOIL

As diretrizes de revegetação abaixo indicadas constituem em medidas favoráveis à manutenção da estabilidade física da Barragem BR, uma vez que a implantação de uma camada de cobertura vegetal nos taludes de jusante fornece proteção contra a erosão superficial do maciço, além de proporcionar substrato mais adequado ao desenvolvimento de espécies vegetais quando comparado ao material de magnetita.

Sobre a camada de cobertura, propõe-se o plantio de espécies herbáceas de rápido crescimento, capazes de proteger o solo contra a erosão e fornecer o aporte de nutrientes necessários ao substrato. A implantação da vegetação deverá ocorrer preferencialmente no início do período chuvoso.

A Barragem BR será toda coberta por top soil na espessura de 30 cm. A Figura 11-20 e Figura 11-21 mostram a planta e detalhe típico desta aplicação, respectivamente. Mais detalhes estão disponíveis no documento DF19-263-1-EG-DWG-0142.

Propõe-se ainda que o material utilizado como limpeza de fundação em solo residual, assim como material proveniente da limpeza no alinhamento do extravasor projetado seja utilizado para este fim, já que contém substâncias nutritivas que favorecem a germinação da hidrossemeadura.

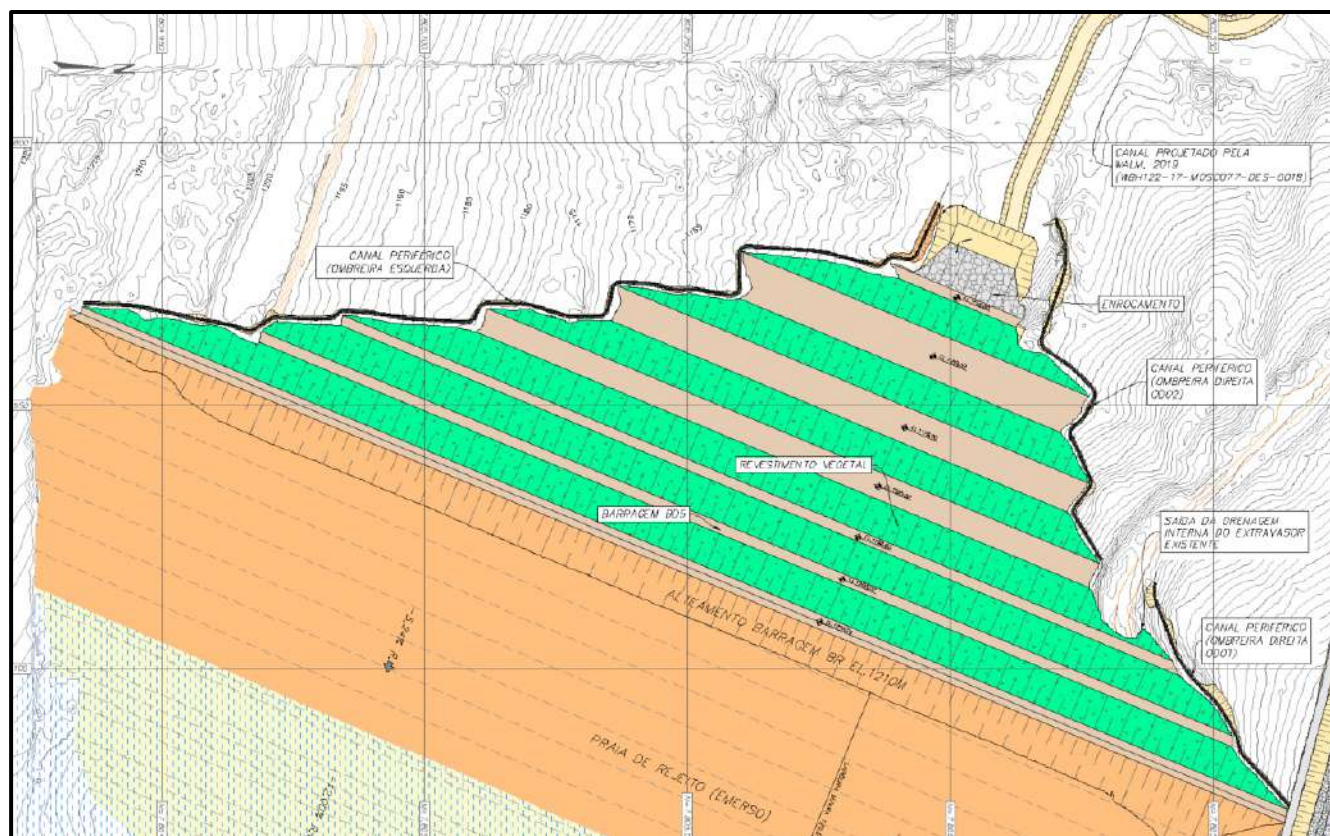


Figura 11-20 – Planta do revestimento vegetal no maciço.

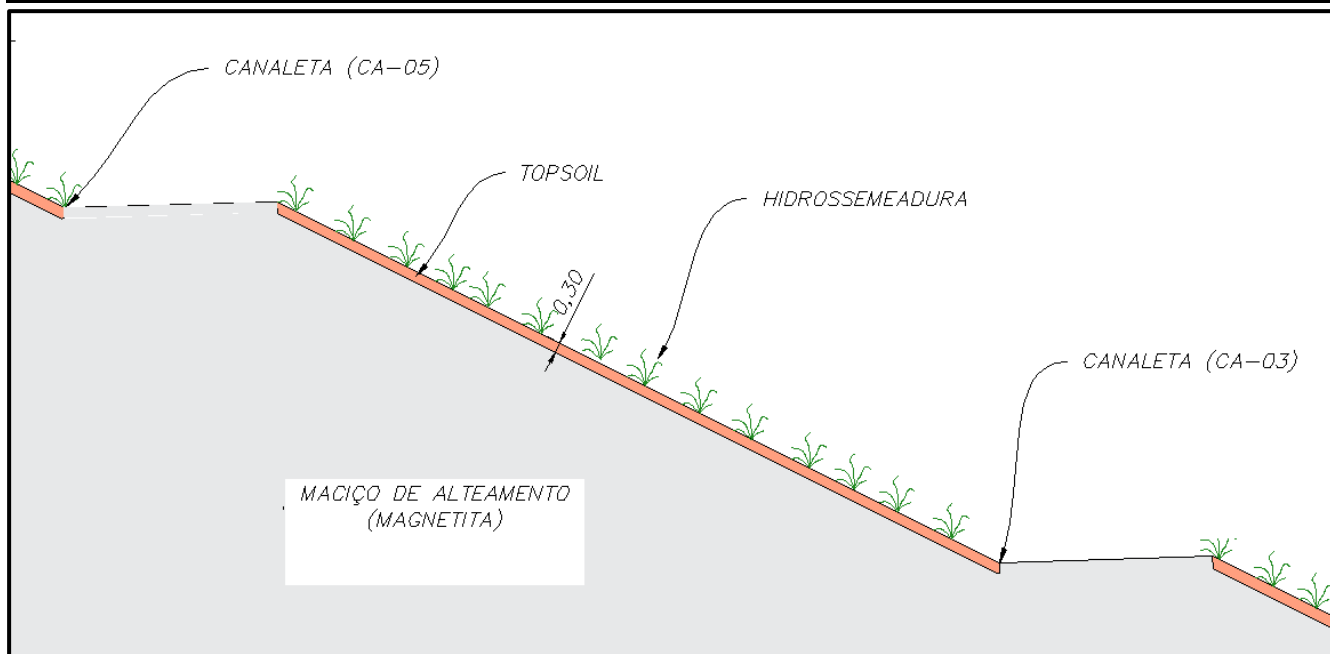


Figura 11-21 – Seção típica do topsoil e a hidrossemeadura projetados.

11.8 MANUTENÇÃO DA PRAIA

O lançamento de rejeitos de flotação para garantia da manutenção da praia deverá começar apenas a construção do maciço de magnetita atingir a elevação 1.200,0m.

A praia de rejeitos deve apresentar uma largura mínima de 120 m (ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0143), definida de acordo com as análises de percolação e estabilidade da estrutura.

O rejeito de flotação poderá ser espigotado a partir da crista da Barragem BR ou poderá ser carregado e lançado manualmente.

Para garantia e manutenção da largura mínima de praia, poderá ser necessário a regularização da praia através de equipamentos. Não há necessidade de compactação deste material.

11.9 ACESSOS

Para garantir acesso de veículos leves em todas as bermas da estrutura, foi proposto a implantação de acessos intermediários interligados ao acesso pela ombreira esquerda, até próximo do pé da estrutura. Pela ombreira direita foi proposto um acesso a partir da crista e que seja interligado ao acesso existente adjacente na ombreira direita. Para tal fez-se necessário a implantação de uma galeria de concreto sobre o extravasor para manutenção deste acesso.

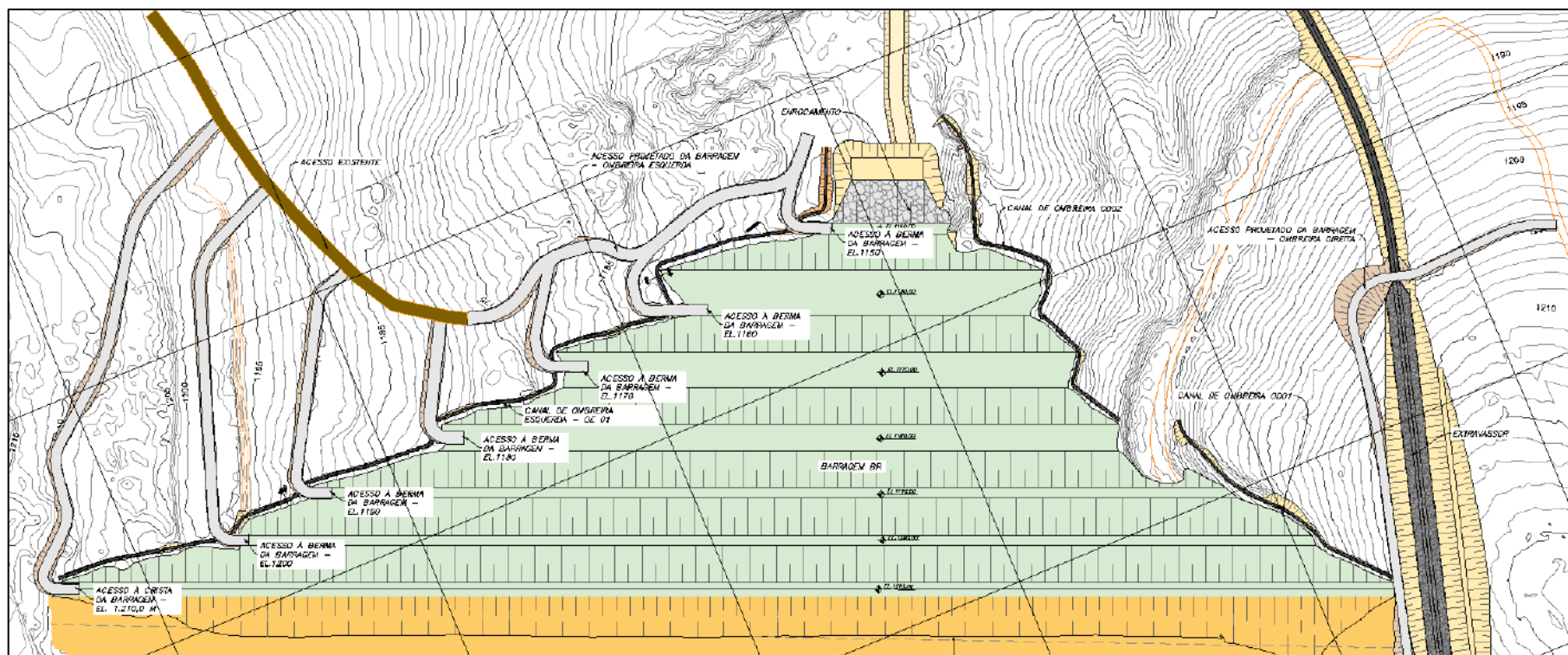




Figura 11-22 – Arranjo Geral dos Acessos

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 125/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

11.10 PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO

O plano de disposição de rejeitos se encontra de forma detalhada no relatório de número DF19-263-1-EG-RTE-0002.

O plano de disposição levou em consideração o dimensionado e implantação de um canal para a condução dos efluentes dos processos da usina para o reservatório (item 11.12), chamado Canal de Lamas. O deságue deste canal se deu no ponto de melhor aproveitamento volumétrico do reservatório como indicado no Projeto Conceitual de Disposição de Rejeitos no reservatório da Barragem BR (DF19-258-1-EG-RTE-0003) e apresentado na Figura 11.23.

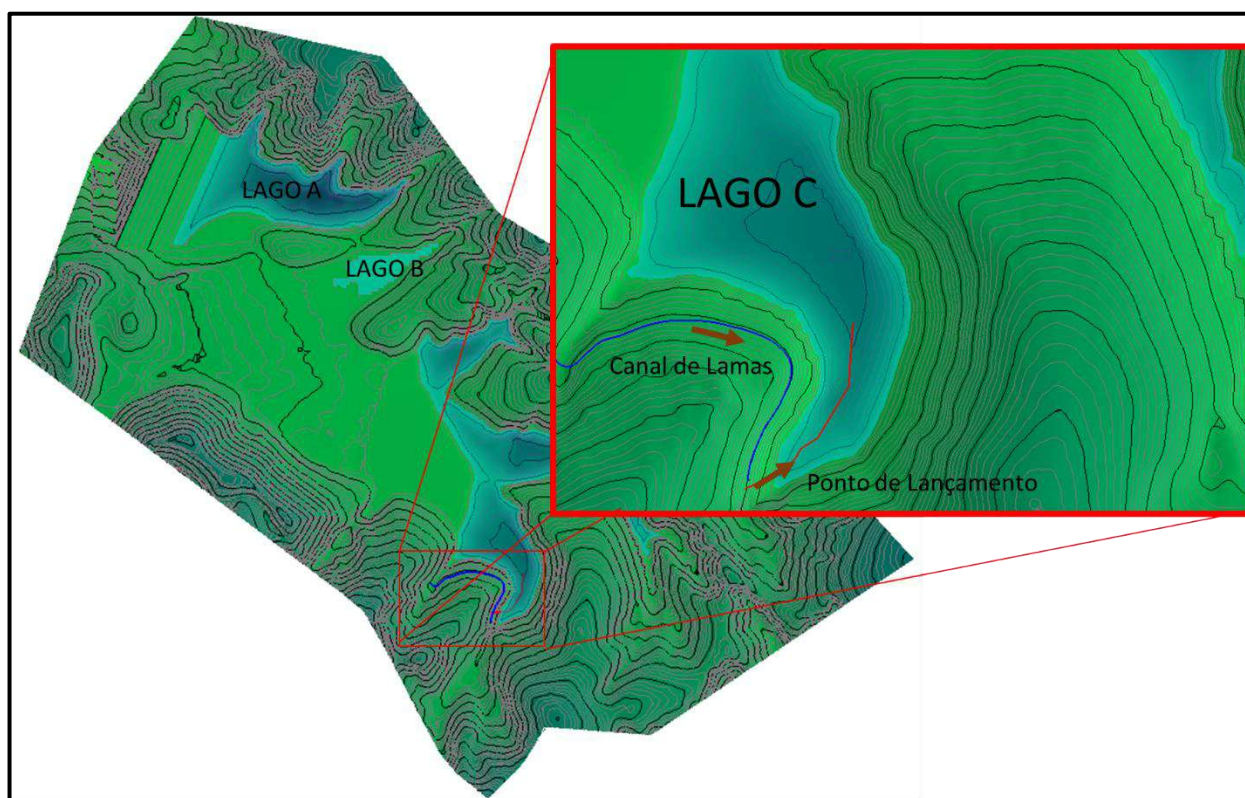


Figura 11.23 – Canal de Lamas (azul) e alinhamento da projeção do rejeito no reservatório (vermelho).

A superfície do rejeito depositado foi projetada a partir do ponto de saída do Canal de Lamas.

Haja visto que o ponto de lançamento encontra-se a montante do reservatório, foi considerada a captação da água para a usina ocorrendo no Lago A, próximo ao maciço, como indicado na Figura 11.24. Este ponto é apresentado nos estudos realizados como “fundo do reservatório”, sendo que o bombeamento indicará falhas todas as vezes que o Nível de Água nessa região não apresentar profundidade suficiente para o funcionamento da bomba.

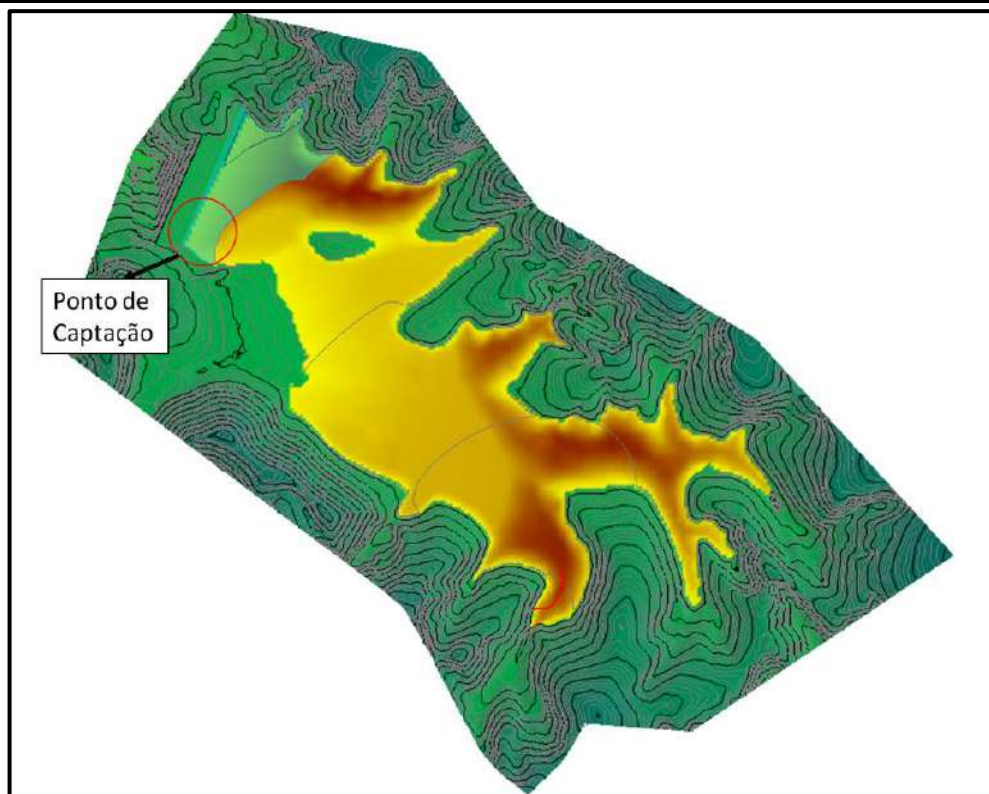


Figura 11.24 – Ponto de captação de água para a Usina com o reservatório já esgotado.

De posse dos resultados, observou-se que o reservatório comporta os $42,36 \cdot 10^6$ m³ de sólidos afluentes ao reservatório ao longo de 12 anos de operação com lançamento de rejeitos (de out-2027 até out-2039). Destes $42,36 \cdot 10^6$ m³, têm-se $38,21 \cdot 10^6$ m³ de rejeitos adensados e $4,15 \cdot 10^6$ m³ de sedimentos provenientes do terreno no entorno da estrutura.

Foram realizadas duas análises de possibilidades de bombeamento de água do reservatório para utilização na Usina, uma no período de pré-operação (2020-2027) e outra no período de operação (2027-2039). O reservatório não apresentou disponibilidade hídrica para o período de pré-operação para a captação constante de 3.000 m³/h. no período de pré-operação, mostrou-se possível a captação constante de 1.000 m³/h, valor obtido por meio de iterações nas simulações.

Com essa configuração de captação de 1.000 m³/h na Barragem BR não se observou o enchimento do reservatório até a elevação da nova soleira ao longo do período de pré-operação, como apresentado na Figura 11.25.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 127/144
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

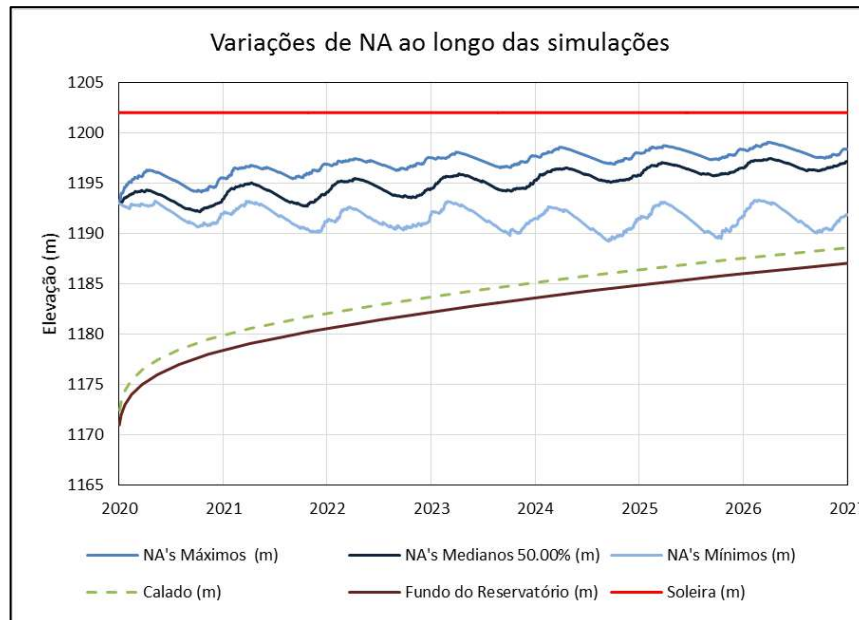


Figura 11.25 – Variações dos níveis ao longo do período de pré-operação da Barragem BR.

Já para o período de operação da barragem para retenção de rejeitos, no qual tem-se uma afluência de água de aproximadamente 9.000 m³/h (78,61x10⁶ ton/ano), a captação de 15.000 m³/h constantes, mostrou-se inviável, sendo indicado pela simulação o esvaziamento do reservatório no início da operação. Para a vazão de 9.000 m³/h de captação constante, o reservatório apresentou disponibilidade hídrica, não apresentando problemas na captação da vazão necessária para a Usina.

A variação do nível de água do reservatório observada nas simulações de operação da Barragem BR durante 12 anos de lançamento de rejeitos e captação de água é apresentada na Figura 11.26.

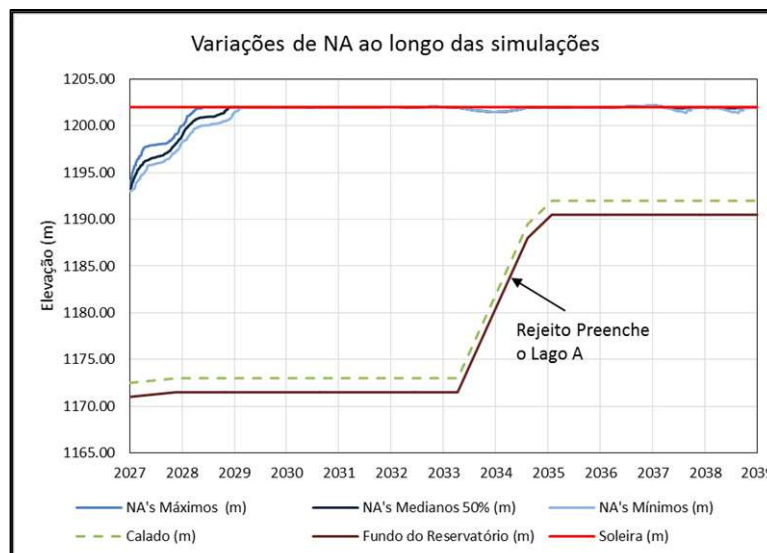




Figura 11.26 – Variação do nível de água da Barragem BR durante o período de operação da mesma.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 128/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Observa-se que ao longo do período de pré-operação da barragem, de 2020 até 2027, com uma captação de 1.000 m³/h constante no reservatório, não foi observada a ocorrência de vertimento pelo sistema extravasor, sendo o N.A. máximo observado no período de 1199,08 m.

Já para o período de operação, a partir de 2027, com o lançamento de rejeito no reservatório e com a captação constante de 9.000 m³/h de água, observou-se que são necessários aproximadamente 2 anos até que o N.A. atinja a soleira do sistema extravasor (EL.1202,00 m).

Ressalta-se que não foram exploradas regras de captação com o intuito de alternar a vazão estudada ao longo do tempo, sendo considerada para os estudos supracitados, uma vazão constante.

Os documentos com ocupação do reservatório anual estão apresentados nos desenhos DF19-263-1-EG-DWG-002 a DF19-263-1-EG-DWG-0011.

11.11 SEGURANÇA HIDRÁULICA DURANTE O PERÍODO DE OBRAS

Para garantir a segurança da obra durante a fase de implantação do novo sistema extravasor e do tamponamento do atual, foi realizado um estudo de balanço hídrico (item 11.10) da estrutura para avaliar a segurança hidráulica da mesma, sem a operação de um sistema extravasor durante o período de 2020 a 2027.

Os resultados mostraram a não necessidade de implantação de um sistema de desvio, haja visto que a estrutura possui borda livre suficiente para transitar um ano hidrológico sem a necessidade de operar um sistema extravasor e sem apresentar risco de galgamento para tempos de recorrência decamilenares.


Desta forma a DF+ entende, com o objetivo de garantir uma obra com a menor geração possível de custo, não haver a necessidade da elaboração de um sistema de desvio no trecho em que os dois sistemas extravasores (atual e previsto) coincidem, próximo do reservatório da Barragem BD5.

11.12 CANAL DE LAMAS

O presente item apresenta o dimensionamento do Canal de Lamas da Barragem BR para a elevação 1.210,00 m.

Para a obtenção da vazão de projeto do canal de lamas, utilizou-se dados do documento “Plano_de_produção_CMT_LOM_rev02_ciclo_2019, disponibilizado pela Mosaic em 17 de abril de 2020.

Considerou o ano 2057, o qual terá o maior volume de produção, sendo:

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 129/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

- Volume rejeitos ultrafinos: 1.736.805,00 m³/ano; e
- Volume de polpa de lama: 80.446.230,00 m³/ano.

Para a transformação de unidades, foi considerada 8.252 horas trabalhadas/ano, e de forma conservadora adotou-se uma taxa de segurança de 20%, obtendo uma vazão de 11.951,00 m³/h ou 3,32 m³/s.

Foi somado a vazão de 3,32 m³/s, o valor de 2,84 m³/s, referente a contribuição do terreno natural, o qual, não se tem condições de desviar via talvegue, chegando a uma vazão para o Canal de Lamas de 6,16 m³/s.

O dimensionamento hidráulico do Canal de Lamas adotou a mesma metodologia descrita no item 10.6.3.

Sendo assim, o Canal de Lamas possui uma seção geométrica trapezoidal escavado em solo, sem revestimento, com 3,0 m de base, 1,50 m de altura declividade das paredes de 1H:1V e declividade longitudinal de 0,08%.

A seguir, na Figura 11-27, é apresentada a seção típica do Canal de Lamas.

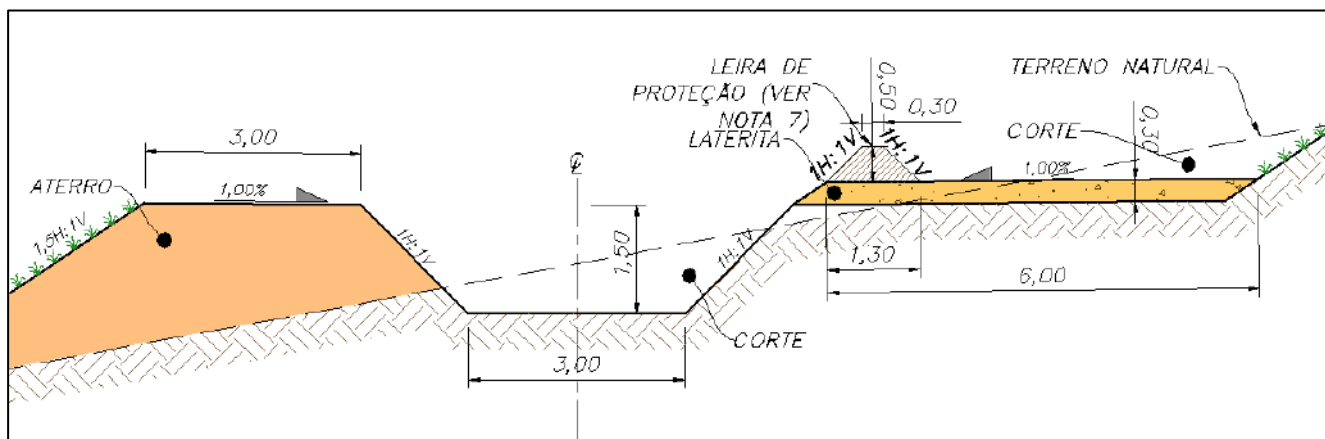


Figura 11-27 – Seção típica do canal de lamas.

O Canal de Lamas, foi projetado em encosta topográfica, que cruza um talvegue natural, contudo, quando ocorrem chuvas, as águas pluviais escoam pela encosta, e concentra-se neste talvegue, em pontos definidos, que serão cortados pelas obras do canal.

Sendo assim, foi proposto um bueiro que irá conduzir essas vazões do talvegue até o reservatório da barragem, conforme apresentado na Figura 11-28 e na Figura 11-29.

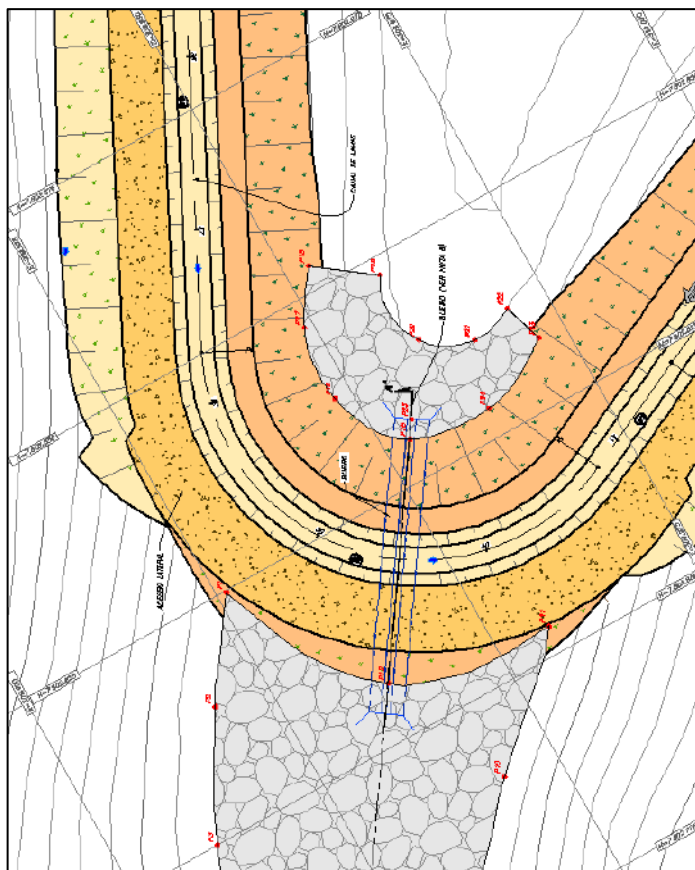


Figura 11-28 – Localização do bueiro.

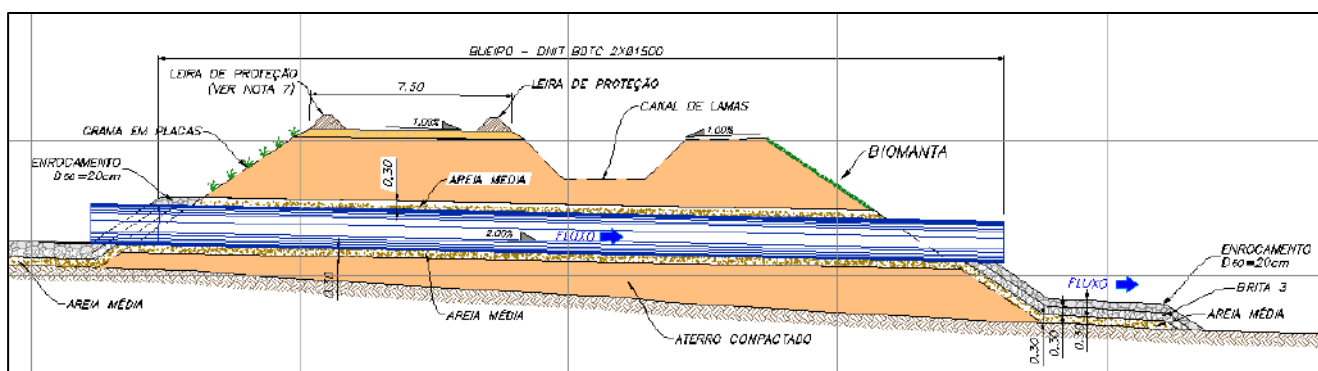


Figura 11-29 – Perfil longitudinal do bueiro.

Para dimensionamento do bueiro proposto, foram adotadas as mesmas metodologias propostas no Item 10.6, a seguir na Tabela 11.9, é apresentada a vazão de projeto, bem como o seu dimensionamento.

Tabela 11.9 - Síntese do cálculo das vazões de projeto.

Área de Drenagem (km ²)	Tempo de concentração (min)	TR (anos)	C ponderado	Vazão (m ³ /s)	D (m)	Velocidade (m/s)	Profundidade (m)
0,373	5,0	500	0,25	5,25	2x1,50	4,30	0,84

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 131/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

Ressalta-se que o bueiro deverá possuir declividade longitudinal de implantação de 2,0%.

A seguir na Figura 11-30 é apresentada uma seção típica do bueiro.

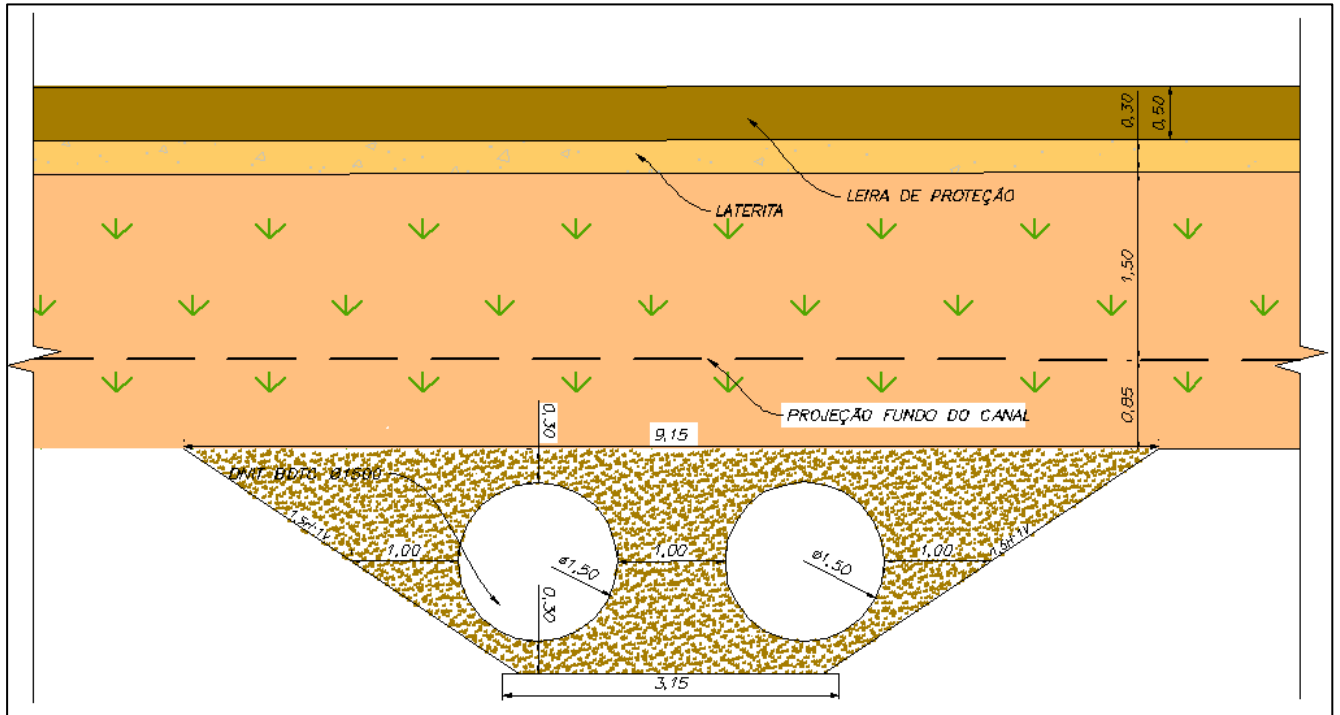


Figura 11-30 – Seção típica do bueiro.

Os desenhos do número DF19-263-1-EG-DWG-0074 ao DF19-263-1-EG-DWG-0093 apresentam a planta e seções típicas do canal de lamas.

11.12.1 Drenagem de Fundo

A drenagem de fundo do canal de lamas, no trecho em concreto armado foi concebida com um colchão drenante de areia de 30cm abaixo da estrutura de concreto, com o objetivo de equalizar eventuais subpressões em sua base, além de uma vala central drenante abaixo do colchão. Esta vala deverá ser constituída por tubo perfurado com diâmetro nominal de 80 mm, envolto por areia.

Essa consideração foi realizada apenas da estaca 73 + 18 até a estaca 75 + 5,5. A partir desta última, foi considerado no dimensionamento estrutural a existência de subpressões. A Figura 11-31 apresenta a imagem da planta da drenagem seguindo a configuração proposta.

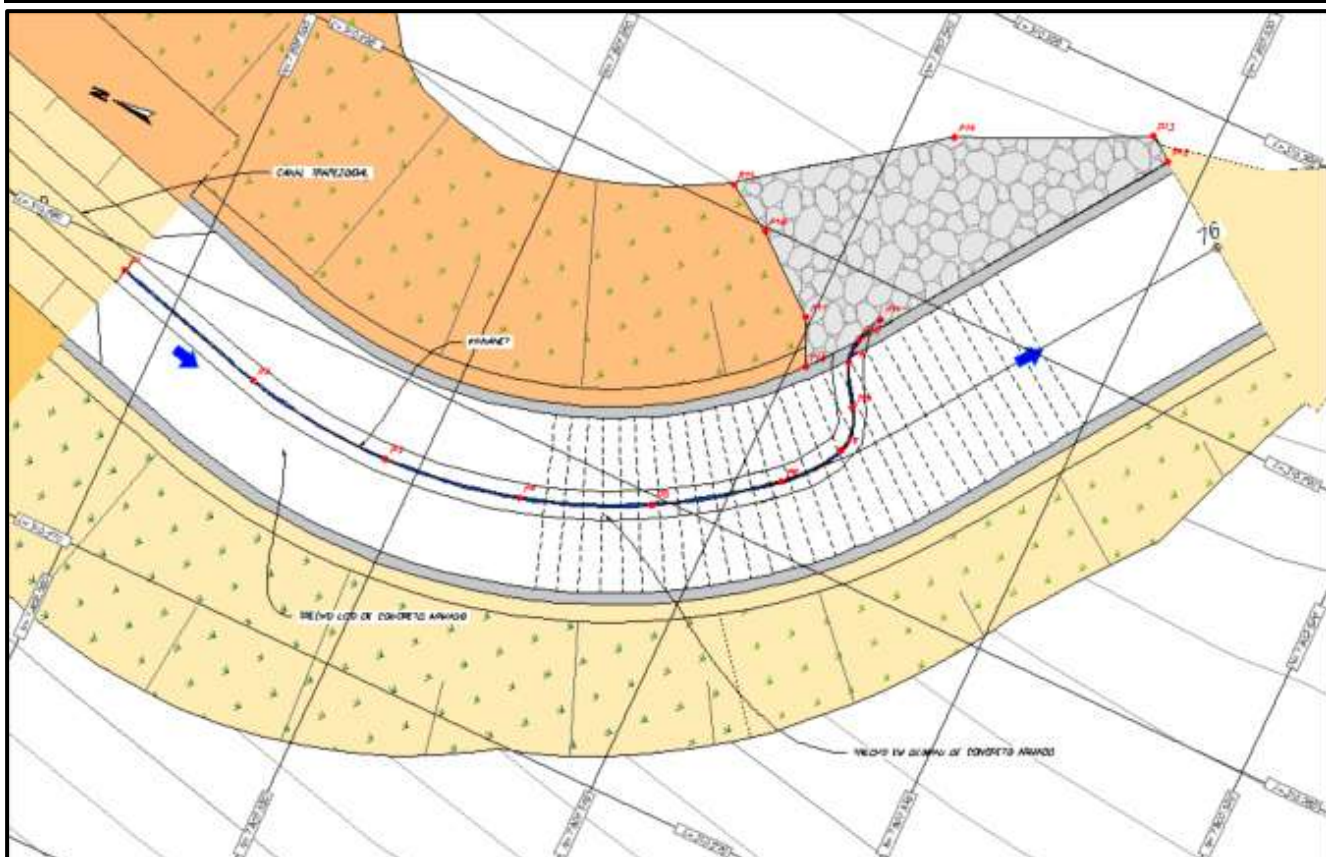



Figura 11-31 – Planta da drenagem sob o canal em concreto.

O dimensionamento da drenagem de fundo foi realizado através de simulação de percolação em elementos finitos e em regime permanente no software Slide 2018, da Rocscience, como descrito a seguir.

11.12.1.2 Modelo de Percolação

O dimensionamento da vazão foi realizado a partir do modelo de percolação apresentado na Figura 11-32. O modelo representou metade do canal devido à simetria.

O resultado da simulação realizada apresentado na Figura 11-32 indicou uma vazão específica (q – por metro linear de canal) que flui para o dreno central sob o canal da ordem de $7,79 \times 10^{-4}$ l/s/m. Considerando a simetria do modelo, a vazão específica considerada em projeto foi de $1,56 \times 10^{-3}$ l/s/m.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 133/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

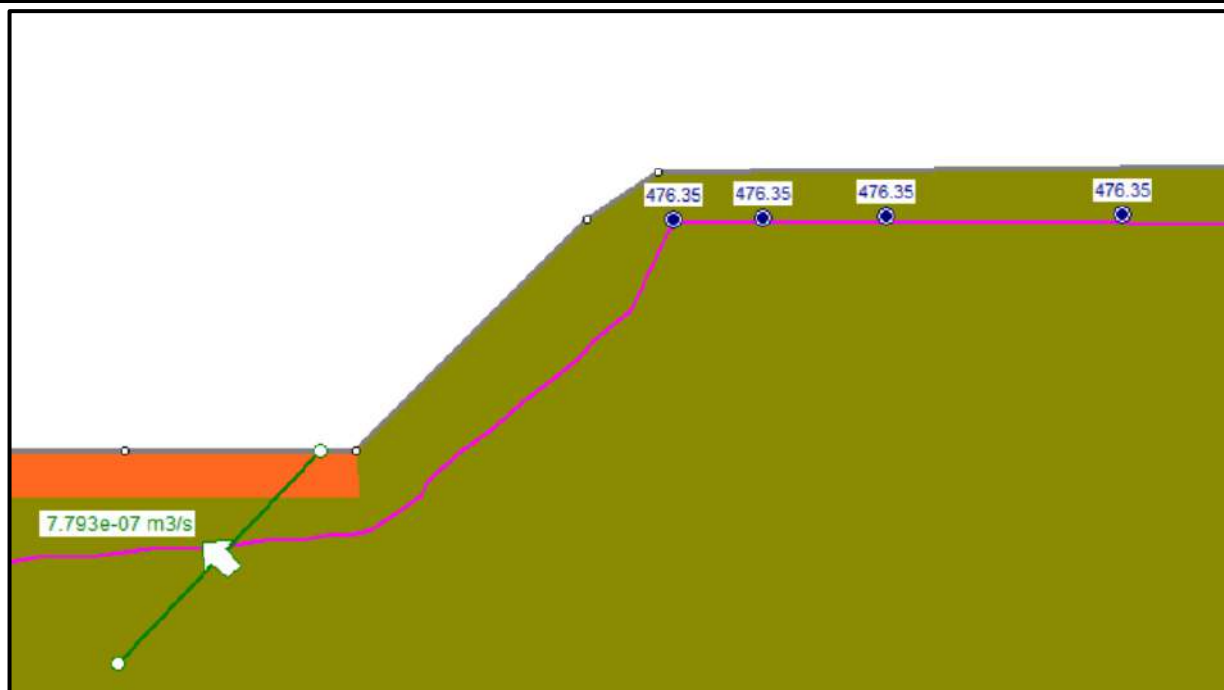


Figura 11-32 – Resultado da simulação de fluxo.

11.12.1.3 Dimensionamento do Tubo Dreno

Tendo em vista o a vazão específica de projeto (q), determinada a partir da simulação, a vazão do sistema (Q) foi determinada com base na extensão (L) do canal rápido, que é da ordem de 600 metros. O cálculo realizado é apresentado abaixo.

$$Q \text{ (l/s)} = q \text{ (l/s/m)} \times L \text{ (m)}$$

$$Q = 1,56 \times 10^{-3} \times 50$$

$$Q = 0,078 \text{ l/s}$$

De acordo com as recomendações para dimensionamento de sistemas de drenagem, os dispositivos hidráulicos devem ser dimensionados com fatores de segurança entre 10 e 40. Tendo em vista a vazão Q determinada, o dispositivo de drenagem então deverá possuir capacidade drenante entre 1,0 e 3,12 l/s.

Considerando uma declividade da ordem de 1%, menor declive do trecho inicial concretado, para o canal lamas a ser implantado, e consultando o catálogo comercial de tubos perfurados do tipo *Kanonet*, o diâmetro nominal determinado foi de 80 mm (DN 80).

11.12.2 Análise de Estabilidade - Escavações

Com o intuito avaliar a seção de maior altura a ser escavada para implantação do canal de lamas, em termos de análise de estabilidade durante e após o período construtivo, este item tem o objetivo de apresentar o resultado de tal análise. A seção considerada como crítica corresponde a da estaca 73+0. Para os parâmetros utilizados na análise de estabilidade e posição da linha freática, utilizou-se da experiência da contratada e de imagens de satélite,

uma vez que não foram realizadas nenhuma sondagem, além de nenhum tipo de instrumentação no trecho do alinhamento do canal.

Pode se observar, pela Figura 11-33, que o fator de segurança obtido corresponde a 1,43 global e 1,53, local. Estes resultados são superiores aos mínimos indicados pela NBR 11682 (2009) que indica fator de segurança igual a 1,4 quando se considera o nível de segurança contra danos a vidas humanas, baixo, e o nível de segurança contra danos materiais e ambientais, Alto.

Além disso, a Figura 11-34 apresenta a análise de estabilidade do talude em sua condição atual. Pode se observar que o valor de FS obtido sem interferência do canal (FS igual a 1,44) é próximo ao valor obtido após execução do mesmo (FS igual a 1,41), concluindo que a execução do canal não interfere de forma significativa na estabilidade da encosta.

Cabe enfatizar aqui que a execução do acesso no lado direito do canal, sentido emboque x desemboque, se deu com o objetivo de melhor estabilização da encosta, além da diminuição da quantidade de aterro e ainda com o objetivo de utilizar o material de corte como aterro na região de conformação do canal com aterro compactado.

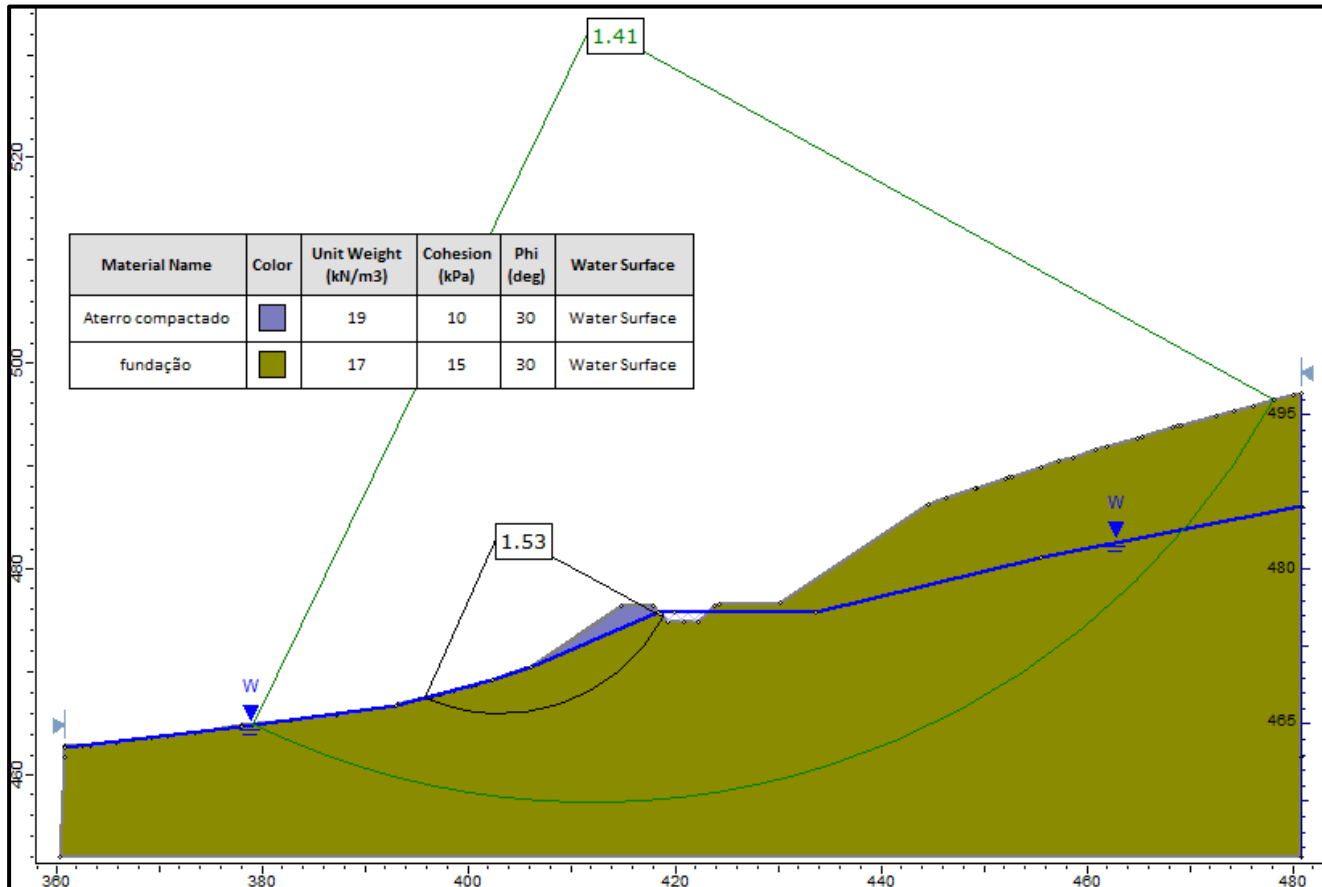


Figura 11-33 – Canal de Lamas – Seção Est. 73+0 – Análise de Estabilidade Após Interferência do Canal

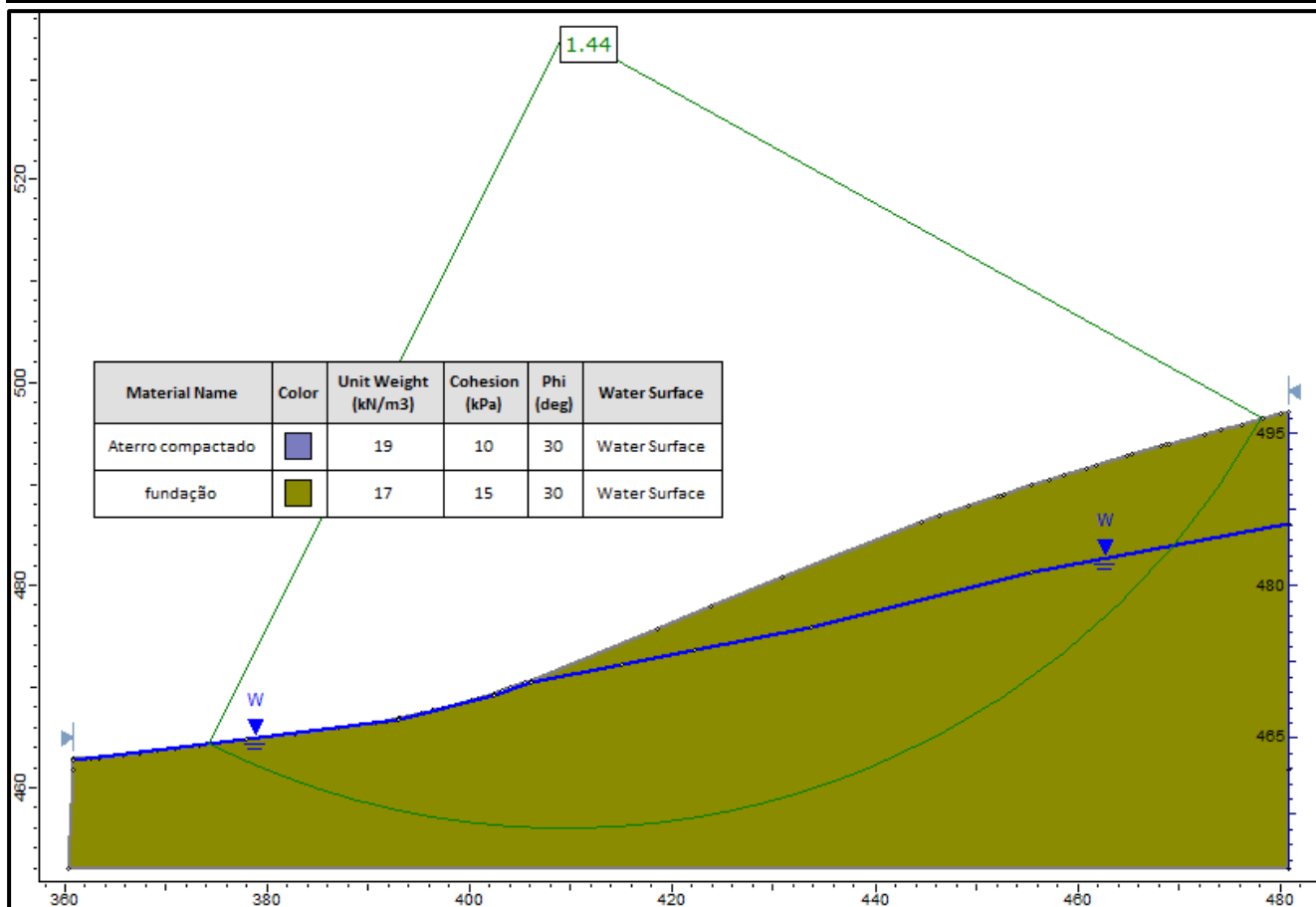


Figura 11-34 – Canal de Lamas – Seção Est. 73+0 – Análise de Estabilidade na Condição Sem Interferência do Canal

11.13 SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA



A sequência construtiva proposta para a obra de alteamento da Barragem BR para a elevação 1210 m consiste em 8 etapas, sendo apresentadas a seguir:

1ª Etapa

1. Montagem do canteiro de obras;
2. Execução da ensecadeira a jusante da Barragem BR;
3. Instalação do sistema de bombeamento próximo à nova ensecadeira;
4. Escavação Dreno Ombreira Esquerda;
5. Implantação do Dreno Ombreira Esquerda;

2ª Etapa

1. Implantação do Canal a jusante da Barragem BR até a Ensecadeira;
2. Realocação da estação de video-monitoramento;
3. Demolição dos postes elétricos;

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 136/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

4. Demolição dos medidores de vazão existentes;
5. Remoção do sistema de bombeamento atual;
6. Implantação do acesso da Ombreira Esquerda;
7. Escavação e remoção da ensecadeira atual;
8. Escavação próximo ao pé da Barragem BR até a EL. 1138,0m (Tratamento de Fundação);
9. Limpeza Superficial e Supressão Vegetal na região das Ombreiras e no maciço;
10. Implantação do medidor de vazão e conexão com o canal a jusante da Barragem BR;

3ª Etapa



1. Lançamento e espalhamento das transições sob o enrocamento de pé;
2. Prolongamento do enrocamento de pé (agulhamento / lançamento e espalhamento convencional);
3. Limpeza e escavação para implantação do sistema extravasor, sentido de jusante para montante, da estaca 24 até a estaca 0;
4. Execução do canal extravasor, da estaca 24 até a estaca 0.

4ª Etapa

1. Lançamento e espalhamento das transições sobre o enrocamento de pé;
2. Lançamento e Espalhamento da camada de transição (areia – espessura 30cm) sobre o maciço atual, em concomitante à execução do Aterro de Magnetita;
3. Lançamento e Espalhamento do tapete drenante (areia – espessura 50cm) sobre o contato com as ombreiras até a EL. 1185,00m, concomitante à execução do Aterro de Magnetita;
4. Lançamento e Espalhamento do tapete drenante (areia – espessura 30 cm) sobre o contato com as ombreiras a partir da EL. 1185,00m, concomitante à execução do Aterro de Magnetita;
5. Adequação/Remoção dos Instrumentos existentes;
6. Espalhamento e compactação do Aterro de Rejeito de Magnetita até a EL. 1195m;

5ª Etapa

1. Limpeza superficial na região do sistema extravasor atual onde o maciço de solo compactado será implantado;
2. Espalhamento e compactação do Aterro de Solo Compactado na região do Extravasor Atual;
3. Espalhamento e compactação do Tapete Drenante do Aterro de Solo Compactado na região do Extravasor Atual;
4. Execução dos canais de ombreira direita (OD 01 e OD 02) e esquerda (OD 01) até a elevação 1.195,0 m.
5. Implantação dos acessos às bermas até a EL. 1195 m;

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 137/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

6. Implantação da drenagem dos acessos até a EL. 1195 m.
7. Implantação das Canaletas de Berma até a EL. 1195m.

6ª Etapa

1. Limpeza e escavação do canal extravasor, estaca 34 até a estaca 24.
2. Execução do canal extravasor, estaca 34 até a estaca 24.
3. Reaterro lateral compactado do Canal Rápido, Galeria de Concreto e Trecho em Alas;
4. Lançamento do Concreto Projetado e finalização do trecho do Canal Escavado do Sistema Extravasor;
5. Espalhamento e compactação do Aterro de Rejeito de Magnetita a partir da EL. 1195m até a EL. 1210m;
6. Espigotamento de Rejeito de Flotação para manutenção e alteamento da praia de rejeitos quando o Aterro de Rejeito de Magnetita estiver na EL. 1210m.



7ª Etapa

1. Execução dos canais da Ombreira direita (OD 01) e Esquerda (OD 01) até a elevação 1.210,0 m.
2. Implantação do Acesso à Ombreira Direita;
3. Execução das Sarjetas padrão Dnit ao longo do acesso da Ombreira Direita e Berma do Sistema Extravasor;
4. Implantação dos acessos às Bermas da ombreira esquerda até a EL. 1210,0 m;
5. Execução de drenagem nos acessos da ombreira esquerda até a EL. 1210,0 m;
6. Execução de canaleta de berma na EL. 1210,0 m.
7. Coroamento e regularização da Crista na EL. 1210m.

8ª Etapa

1. Execução de novos instrumentos;
2. Lançamento e Espalhamento de Top Soil sobre o Maciço;
3. Instalação do Revestimento Vegetal com hidrossemeadura;
4. Escavação para implantação do canal de lamas;
5. Execução do bueiro e bacia em enrocamento no canal de lamas;
6. Execução do revestimento vegetal no canal de lamas (grama em placas e biomanta);
7. Desmobilização do Canteiro de Obras.

Importante destacar que as etapas aqui apresentadas não são sequenciais, e poderão, caso seja possível, serem executadas de forma concomitante.


		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 138/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

11.14 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

O documento nº DF19-263-1-EG-ETC-0002 apresenta as especificações técnicas construtivas para os materiais e os serviços necessários à execução das obras de alteamento da Barragem BR.

11.15 QUANTITATIVOS

A planilha de quantidades encontra-se no documento DF19-263-1-EG-PLA-0002.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 139/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

12.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos foi contratada pela MOSAIC Fertilizantes para elaborar o Projeto Detalhado de alteamento da Barragem BR, para a elevação 1210,0 m.

O projeto foi elaborado levando em consideração a mitigação do modo de falha por liquefação, além de ser executado utilizando o método de linha de centro, com a utilização de rejeito de magnetita compactada com controle para o material do maciço, e o espigotamento de rejeito de flotação para controle e manutenção da praia.



A geometria proposta atendeu aos fatores normativos preconizados pela NBR 13.028:2017 em relação à estabilidade da estrutura em todas as 6 seções analisadas (A-A', B-B', C-C', D-D', E-E' e F-F'), além de atender também o fator de segurança mínimo recomendado pelo Termo de Referência SEMAD/FEAM 2.784 de 21 de março de 2019 para descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante, à título de comparação. O projeto também atende à solicitação da Mosaic em garantir que as análises de estabilidade, considerando a mobilização de resistência liquefeita, atingissem fatores de segurança mínimos de 1,25. A DF+ entende que esta solicitação da Mosaic visa apenas a aumentar o grau de segurança da estrutura em tela, sendo considerada uma medida válida de boas práticas de engenharia e também no intuito de mitigar o modo de falha de liquefação.

O sistema extravasor foi dimensionado para transitar cheias decamilenares e possui um trecho em seção trapezoidal escavada, com revestimento em concreto projetado e um trecho em concreto armado em seção retangular (canal rápido). Ademais, foi previsto a implantação de uma bacia de dissipação em concreto armado e um trecho com enrocamento apenas. Para garantia e manutenção do acesso à ombreira direita, foi proposto a implantação de uma galeria em concreto armado.

Com o intuito de melhorar as condições da estrutura, foi elaborado um sistema de drenagem superficial composto por: canaletas de bermas em concreto armado moldado “in loco”, que direcionam todo o fluxo para os canais de ombreiras, de seções retangulares e de concreto armado moldado “in loco”. O objetivo destes dispositivos é de evitar processos erosivos superficiais e o acúmulo de água nas bermas, eventos estes que ocorrem ocasionalmente nos períodos chuvosos.

Foi proposto a implantação de acessos em ambas as ombreiras, com greides que apresentem declividades máximas de 14%, definido em comum acordo com a Mosaic. Face a ausência de cadastro dos acessos atuais, a conexão com os acessos do projeto deverá ser realizada em campo, quando da implantação das obras. Além disso, foi proposto também a implantação de acessos às bermas na ombreira esquerda, com o intuito de facilitar a manutenção e inspeção das estruturas da barragem.

Para garantir a exequibilidade do projeto de alteamento, o projeto de uma ensecadeira a jusante, em nível detalhado, já realizado pela WALM (WBH122-17-MOSC077-RTE-0003), deverá ser compatibilizada com o projeto de alteamento da BR, uma vez que o emboque do canal projetado se encontra acima da elevação da saída da drenagem interna da BR. A DF+

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 140/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

não recomenda a execução do projeto de alteamento da BR sem que essa compatibilização ocorra.

Além disso, para o projeto de alteamento, levou-se em consideração que a região a jusante da BR se encontra totalmente drenada, não sendo recomendado o início das obras sem que essa condição esteja satisfeita. Ressalta-se que para este projeto, foi considerado o rebaixamento da barragem BD5. **Neste sentido, recomenda-se que as ações para o rebaixamento do reservatório da BD5, como a execução do canal, após adequação com o sistema de drenagem deste projeto de elevação da Barragem BR, e implantação do sistema de bombeamento informados no parágrafo anterior, sejam priorizadas pela MOSAIC com vistas a garantir a segurança hidrogeológica de todo o sistema e permitir a execução das obras de implantação deste projeto.**


O Plano de Disposição de Rejeitos foi elaborado considerando o início da operação da Barragem BR em 2027, após o descomissionamento da Barragem BL1. De posse dos resultados, observou-se que o reservatório comporta os $42,36 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ de sólidos afluentes ao reservatório ao longo de 12 anos de operação com lançamento de rejeitos (de out-2027 até out-2039). Desses $42,36 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, tem-se $38,21 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ de rejeitos adensados de lamas e rejeitos de ultrafinos e $4,15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ de sedimentos provenientes do terreno no entorno da estrutura. Caso a MOSAIC decida pela disposição de outro tipo de rejeito na estrutura, os volumes aqui apresentados deverão ser revistos. O ponto de lançamento está localizado a montante do reservatório, no lago C. Já o ponto de ponto de captação de água estabelecido nos estudos, encontra-se na margem esquerda do lago A.

Para garantir a segurança da obra durante a fase de implantação do novo sistema extravasor e do tamponamento do atual, foi realizado um estudo de balanço hídrico da estrutura para avaliar a segurança hidráulica da mesma, sem a operação de um sistema extravasor.

Os resultados mostraram a não necessidade de implantação de um sistema de desvio, haja visto que a estrutura possui borda livre suficiente para transitar um ano hidrológico sem a necessidade de operar um sistema extravasor e sem apresentar risco de galgamento para tempos de recorrência decamilenares.

Desta forma a DF+ entende, com o objetivo de garantir uma obra com a menor geração possível de custo, não haver a necessidade da elaboração de um sistema de desvio no trecho em que os dois sistemas extravasores (atual e previsto) coincidem, próximo do reservatório da Barragem BD5.

O Canal de Lamas foi dimensionado seguindo as premissas geométricas solicitadas pela Mosaic, implantação de acesso para manutenção do mesmo, garantindo a estabilidade dos cortes e aterros, além de favorecer o balanço de massa entre os cortes e aterros de conformação do canal.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 141/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

13.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.028: Mineração — Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água — Requisitos. Rio de Janeiro, 2017. 16p.

ASSUMPÇÃO, Marcelo; Dias, Fábio L.; ZEVALLOS, I.; NALIBOFF, J. B.. Intraplate stress field in South America from earthquake focal mechanisms. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 71, p. 278-295, 2016.

BRASIL. PORTARIA ANM 70.389, de 17 de maio de 2017. Mineração – Criação do cadastro de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB.

BROD, J. A. 1999. Petrology and geochemistry of the Tapira alkaline complex, Minas Gerais State, Brazil. University of Durham, UK (Phd thesis).

BROD J. A, RIBEIRO C. C., GASPAR J. C., JUNQUEIRA-BROD T. C., BARBOSA E. S. R., RIFFEL B. F., SILVA J. F., CHABAN N., FERRARI A. J. D. 2004. Excursion guide: Geologia e Mineralizações dos Complexos Alcalinos-Carbonatíticos da Província Ígnea do Alto Paranaíba. *Soc. Bras. Geol.*

CDA (2013): Dam Safety Guidelines. Associação Canadense de Barragens, 2013.



CRUZ, Paulo Teixeira da. 100 barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto. 2. ed. Sao Paulo: Oficina de Textos, 2004. 647 p. ISBN 8586238023 (broch.).

DARDENNE, M. A. The Brasilia Fold Belt. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 230-263.

Dupuit, J., (1863), "Etudes Theoriques at pratiques sur le Mouvement des Eaux dans lesCanaux Decouverts et a Travers les Terrains Permeables", 2nd ed., Dunod, Paris, 1863.

FREITAS, A.J., SILVA, D.D., PRUSKI, F.F., PINTO, F.A., PEREIRA, S.B., GOMES FILHO, R.R., TEIXEIRA, A.F., BAENA, L.G.N., MELLO, L.T.A., NOVAES, L.F. Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 65p.

FUCK, R. A. A. Faixa Brasília e a Compartimentação Tectônica na Província Tocantins. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 4., 1994, Brasília. Atas... Brasília: SBG, 1994. p. 184-187.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 142/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

GIBSON S. A., Thompson R. N., DICKIN A. P., LEONARDOS O. H. 1995. High-Ti and low-Ti mafic potassic magmas: Key to plume-lithosphere interactions and continental flood-basalt genesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 136: 149-165.

LOPES, A. E. V. “Risco Sísmico no Brasil e Seu Impacto sobre Grandes Obras”, in *Revista do Instituto de Engenharia*, 58, 7, 2010.

MASSAD, F. *Obras de terra – Curso básico de geotecnia*. São Paulo, SP. Oficina de textos, 215p, 2010

OLIVEIRA, W.C.; Marchioreto, A. 2013. *Relatório Técnico Final de Monitoramento Sismológico*. COPEL. São Paulo, SP; Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

RIBOTTA, L. C., M. Assumpção, J. L. Manuzzi, A. M. B. E. Carvalho, and J. V. M. Regina (2010). Seismicity induced in 4 deep reservoirs, Southern Brazil, 2010 The Meeting of the Americas (AGU - American Geophysical Union), Foz do Iguaçu, PR, Brazil, 8–12 August.

SILVA, C. H., 2003. *Evolução geológica da Faixa Brasília na região de Tapira, sudoeste de Minas Gerais*. Tese de Doutorado. UNESP, Rio Claro, 196 p.

SIMÕES, L. S. A.; VALERIANO, C. M. Porção meridional da Faixa de Dobramentos Brasília: estágio atual do conhecimento e problemas de correlação tectonoestratigráfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. Anais... Natal: SBG., v. 6, p. 2564-2575, 1990.

SWAMEE P. K., 1999. Discussion of Formula for Calculating Critical Depth of Trapezoidal Open Channel, *Journal of Hydraulic Engineering*. 786 p.

TERZAGHI, K. E PECK, R. B., *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley and Sons, New York, 1948.

UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION (USNRC) NUREG-1508, "Final Environmental Impact Statement To Construct and Operate the Crownpoint Uranium Solution Mining Project, Crownpoint, New Mexico." Washington, DC: NRC. February 1997.

VALERIANO, C. M.; TEIXEIRA W.; HEILBRON M.; SIMÕES L. S. A. Southern Brasília belt (SE Brazil): tectonic discontinuities, K-Ar data and evolution during the Neoproterozoic Brasiliano orogeny. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, n. 1, p. 195-199, 2000.

VALERIANO, C. M.; Dardenne M. A.; Fonseca M. A.; Simões L. S. A.; Seer H. J. A evolução tectônica da Faixa Brasília. In: MANTESSO NETO, V. et al. (Orgs.). *Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. [S.l.]: Beca., p. 575-592, 2004a.

VALERIANO, C. M.; MACHADO, N.; SIMONETTI, A.; VALLADARES, C. S.; SEER, H. J.; SIMÕES, L. S. A. U-Pb geochronology of the southern Brasília belt (SEBrazil): sedimentary



**PROJETO DETALHADO DE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL
1210 m**

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 143/144
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1

provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West Gondwana. Precambrian Research, v. 130, p. 27-55, 2004b.

WERNER, S.D. Engineering characteristics of earthquake ground motions. Nuclear Engineering and Design, 36 (3): 367-95, Mar. 1976.



**PROJETO DETALHADO DE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL
1210 m**

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

144/144

Nº DF+

DF19-263-1-EG-RTE-0005

REV.

1

14.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO

Razão social: DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E
RECURSOS HÍDRICOS LTDA

CNPJ: 07.214.006/0001-00

http: www.dfmais.eng.br



**Belo Horizonte / MG - dfmais@dfmais.eng.br - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte -
MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001**

EQUIPE TÉCNICA

Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação/Revisão do Documento
Júnio Fagundes	JF	Geotecnia	Revisão do Documento
Breno Lucena	BL	Geotecnia	Estudos Geotécnicos/Elaboração do Documento
Lucas Monção	LM	Geotecnia	Estudos Geotécnicos
Mário Júnior	MJ	Geotecnia	Estudos Geotécnicos/Elaboração do Documento
Marcus Cruz	MC	Recursos Hídricos	Revisão do Documento
Luis Freitas	LF	Recursos Hídricos	Estudos Hidráulicos - Hidrológicos/Elaboração do Documento
Silas Salgado	SS	Geologia	Estudos Geológicos/Elaboração do Documento

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 145/144	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0005	REV. 1	

APÊNDICES

 <p>ANÁLISES DE ESTABILIDADE.DOC</p>	APÊNDICE A - ANÁLISES DE ESTABILIDADE – CONDIÇÃO ATUAL Formato: Microsoft Word (7 PÁGINAS)
 <p>ANÁLISES DE ESTABILIDADE.docx</p>	APÊNDICE B - ANÁLISES DE ESTABILIDADE – PÓS ALTEAMENTO Formato: Microsoft Word (96 PÁGINAS)



**PROJETO DETALHADO DE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL
1210 m**

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EI 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

146/144

Nº DF+

DF19-263-1-EG-RTE-0005

REV.

1

ANEXOS



REFORÇO
MAGNETITA - (BR).pd

**ANEXO A – CONTROLE DE COMPACTAÇÃO – REFORÇO DE
MAGNETITA – BARRAGEM BR**

Formato: PDF
(4 PÁGINAS)



Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002
www.dfmais.eng.br



**PROJETO DETALHADO
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL
1210 m**

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC	PÁGINA
	Nº (CONTRATADA) DF19-263-1-CV-ETC-0002	2/38 REV. 0

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	APRESENTAÇÃO	3
2.0	CONCEITOS	3
3.0	CONCRETO CONVENCIONAL	5
4.0	EXECUÇÃO DOS FUROS E INSTALAÇÃO DAS BARRAS DE ANCORAGEM	36
5.0	EQUIPE TÉCNICA	38

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 3/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

1.0 APRESENTAÇÃO

A presente Especificação Técnica tem o objetivo de conceituar, definir e especificar os procedimentos a serem cumpridos durante a execução dos serviços das estruturas do sistema do Canal de Lamas, em concreto armado moldado in loco, que será construído pela MOSAIC.

Os serviços deverão ser executados de acordo com os Desenhos do Projeto, Normas Técnicas Brasileiras da ABNT, bem como, as indicações presentes nesta Especificação Técnica.

A observância rigorosa dos procedimentos definidos nesta especificação será de responsabilidade da CONTRATADA. Esta deverá consultar a equipe técnica da MOSAIC sempre que, durante a execução dos serviços, ocorrerem situações não previstas no projeto ou de entendimento duvidoso nesta Especificação Técnica bem como, nos Desenhos do Projeto.

2.0 CONCEITOS

Para efeito desta Especificação Técnica são estabelecidos os seguintes conceitos.

2.1 EMPRESAS ENVOLVIDAS

- **CONTRATANTE:** MOSAIC, empresa proprietária da obra;
- **PROJETISTA:** DF+;
- **FISCALIZAÇÃO:** Pessoa, pessoas ou firma designada pela MOSAIC com o intuito de examinar, verificar, ajustar soluções construtivas não previstas no projeto, aceitar ou recusar e medição dos serviços;
- **CONTRATADA:** Pessoa, pessoas, firma ou consórcio de firmas que têm como responsabilidade a execução e o fornecimento de todos os serviços, materiais e equipamentos necessários à execução da obra.

2.2 NORMAS DE REFERÊNCIAS

Onde forem aplicáveis e não estiverem conflitantes com a presente Especificação Técnica, deverão ser obedecidos os requisitos das seguintes normas técnicas, em suas últimas versões atualizadas, mesmo que em suas menções nos textos sejam citadas versões eventualmente desatualizadas e/ou obsoletas:

- ABNT NBR 6118:2014 -Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 4/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

- ABNT NBR 6120:1980 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações
- ABNT NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira
- ABNT NBR 16697:2018 – Cimento Portland - Requisitos
- ABNT NBR 5738:2015 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova
- ABNT NBR 5739:2018 Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos
- ABNT NBR 8522:2017 Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão
- ABNT NBR 12655:2015 Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação
- ABNT NBR 7215:2019 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos
- ABNT NBR 7211:2009 Agregados para concreto - Especificação
- ABNT NBR NM 26:2001 - Agregados - Amostragem
- ABNT NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica
- ABNT NBR 7218:2010 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis
- ABNT NBR NM 46:2003 -Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem
- ABNTNBR NM 49:2001 - Agregado miúdo -. Determinação de impurezas orgânicas.
- ABNTNBR NM51: 2001 - Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles"
- ABNT NBR 15577-1 a 6:2018 - Agregados - Reatividade álcali-agregado
- ABNT NBR NM 67:1998 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone
- ABNT NBR NM 9:2003 - Concreto e argamassa - Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 5/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

- ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios
- ABNT NBR 16372:2015 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
- ABNT NBR NM 51:2001 - Agregados - Determinação da abrasão "Los Angeles"
- ABNT NBR 11768:2011 - Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos
- ABNT NBR7212: 2012 - Execução de Concreto Dosado em Central.
- ABNT NBR 7477:1982 - Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado
- ABNT NBR 7480:2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação
- ABNT NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios
- ABNT NBR 14931:2003 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento
- ABNT NBR 6971:2012 - Segurança no tráfego - Defensas metálicas - Implantação

No caso da CONTRATADA se apoiar em normas e/ou especificações diferentes das acima mencionadas e que sejam universalmente aceitas, as mesmas deverão ser claramente citadas e a sua aceitação ficará a critério da MOSAIC.

Na eventual necessidade de serem executados serviços não especificados, a CONTRATADA somente poderá realizá-los após aprovação da especificação correspondente pela MOSAIC.

3.0 CONCRETO CONVENCIONAL

3.1 OBJETO

Esta seção abrange a execução dos trabalhos de concreto convencional, formas, escoramentos e armaduras para as estruturas dos dispositivos de drenagens, de acordo com os desenhos de construção, e o que se especifica a seguir, compreendendo os

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 6/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

materiais e equipamentos para a fabricação, transporte, lançamento, adensamento, acabamento, cura, proteção e reparos do concreto.

A CONTRATADA poderá optar pela aquisição de concreto pronto de terceiros. Nessa situação, todas as disposições constantes nesta Especificação devem ser adaptadas às condições reais, mediante proposta da CONTRATADA que deve merecer a aprovação da FISCALIZAÇÃO.

3.2 COMPOSIÇÃO

3.2.1 Geral

Os concretos constantes desta especificação serão compostos de cimento Portland, água, agregado miúdo, agregado graúdo e, se necessário, aditivos redutores de água, retardadores de pega, plastificantes, expansores e incorporadores de ar e quaisquer outros componentes recomendados e/ou aprovados pela FISCALIZAÇÃO, que produzam, no concreto, propriedades benéficas para sua utilização, conforme comprovado em ensaios de laboratório.

É de responsabilidade da CONTRATADA a contratação de um engenheiro especialista para desenvolver o traço do concreto a ser utilizado, acompanhamento e desenvolvimento de planos de concretagem, visando principalmente atender as condições de durabilidade, resistência a abrasão e estanqueidade requeridos para tais estruturas.

As manutenções periódicas após a execução dos serviços de construção são de fundamental importância para o correto funcionamento das estruturas e preservação de sua vida útil, principalmente no que se diz respeito ao desgaste da camada de concreto e selante elástico.

3.2.2 Proporção das Misturas

A proporção da mistura deverá ser determinada por dosagem racional e experimental, conforme NBR12655, e deverá estar baseada na pesquisa dos agregados mais adequados e inertes, sua respectiva granulometria e na melhor relação água/cimento, com a finalidade de assegurar uma mistura plástica e trabalhável, ou segundo as necessidades de sua utilização. Um concreto que, após a cura adequada, apresente durabilidade, estanqueidade e resistência compatíveis com os valores indicados em projeto.

O cálculo da dosagem do concreto deve ser refeito cada vez que for prevista uma mudança de marca, tipo ou classe do cimento, na procedência e qualidade dos agregados e demais materiais.

Os traços de concreto, bem como os materiais a serem utilizados na mistura, deverão ser submetidos à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 7/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

Os traços poderão ser substituídos pela FISCALIZAÇÃO sempre que necessário, a fim de preservar a segurança, economia e qualidade do concreto.

Analisando as prescrições normativas, considerando a classe de agressividade ambiental III e alta resistência à abrasão devido as condições a que as estruturas estão impostas em serviço, deve se adotar os seguintes requisitos mínimos para a concretagem:

- Concreto classe C40
- Relação água/cimento $a/c < 0,45$
- Consumo máximo de água: 176 l/m³
- Aglomerante com substituição de 15% de micro sílica

Para $f_{ck} \geq 40$ MPa, a relação água/cimento deverá ser $\leq 0,45$, o consumo mínimo de cimento deverá ser 360 kg/m³ e o módulo de deformação secante ≥ 32 GPa, conforme recomendações da NBR6118 e NBR12655.

Adotar o consumo de água máximo 175 kg/m³ (l/m³), necessário para reduzir riscos de retração por secagem, deformação lenta excessiva, fissuras e deformação.

3.2.3 Classes de Concreto

A classe de concreto para cada estrutura será indicada nos desenhos de forma e apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Classes de Concreto a serem utilizadas

Classe	Tipo	Aplicação	Diâmetro Máximo do Agregado (até valor indicado)	Resistência Característica à Compressão (f_{ck}) MPa 28 dias
C40	Convencional	Estrutura de Concreto Armado das Drenagens	1" (25 mm)	40
C10		Regularização e/ou enchimento (concreto magro)	1" (25 mm)	10

Excepcionalmente, a critério da FISCALIZAÇÃO, poderão ser dosados concretos com agregados de diâmetro máximo superior aos indicados, desde que sua dimensão máxima não ultrapasse os limites abaixo:

- Espaçamento interno das formas – $\frac{1}{4}$ da menor distância entre faces e formas;
- Espessura da laje – $\frac{1}{3}$ da espessura da laje

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 8/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

- Barras horizontais – 5/6 da distância entre duas barras horizontais
- Barras verticais - 1/2 da distância entre duas barras horizontais

3.2.4 Consistência dos Concretos Convencionais

Os traços deverão ser aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo ser os teores de água os mínimos necessários para permitir um adensamento satisfatório no caso dos concretos convencionais.

A consistência do concreto deverá ser uniforme de betonada para betonada. O controle da consistência do concreto poderá ser feito pela FISCALIZAÇÃO, por meio de ensaios de "slump".

Os valores do "slump" para cada traço serão determinados pela FISCALIZAÇÃO.

Concreto com excesso ou carência de água (excessivamente plástico ou seco) poderá ser rejeitado, a critério da FISCALIZAÇÃO.

3.2.5 Controle de Qualidade dos Concretos Convencionais

A FISCALIZAÇÃO manterá um controle rigoroso sobre as operações da betoneira, especialmente em relação à quantidade de água adicionada à mistura, a fim de que o concreto seja uniforme, de betonada para betonada, e tenha um baixo coeficiente de variação ou um baixo desvio padrão das resistências.

Para exercer o controle de qualidade do concreto, a FISCALIZAÇÃO coletará, em locais por ela selecionados, amostras de concreto fresco.

As resistências à compressão e módulo de deformação do concreto serão determinadas pelos ensaios, em cilindros de 15 cm x 30 cm, feitos e curados de conformidade com a NBR 5738. A quantidade de amostras, bem como a obtenção dos resultados serão de acordo com a NBR 12655, NBR5739, NBR8522 em sua última versão.

Ao longo de toda a execução da obra, o controle da qualidade do concreto será sistemático e feito baseado em ensaios de acordo com as normas aplicáveis da ABNT. Esses ensaios, de um modo geral, compreenderão em:

- Verificação das propriedades físicas dos materiais constituintes do concreto, incluído sua granulometria, e qualidade da água de amassamento;
- Determinação de traços para obtenção de concreto, com a necessária resistência, trabalhabilidade, e outras propriedades requeridas nestas Especificações Técnicas, ou indicadas nos desenhos de projeto;

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 9/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

- Determinação durante a produção do concreto, de propriedades como a trabalhabilidade (“slumptest”), peso específico e tempo de pega;
- Moldagem sistemática de corpos de prova para execução de ensaios rotineiros, como resistência à compressão axial e módulo de elasticidade.

3.2.6 Controle da Resistência do Concreto

Durante todo o decorrer dos trabalhos de lançamento do concreto, deverá ser efetuado um controle sistemático da resistência do concreto.

Para execução deste controle, deverão ser retiradas amostras durante o lançamento, e em diversos pontos da obra, de modo que o conjunto de corpos possa representar, da melhor maneira possível, a estrutura que está sendo executada.

A CONTRATADA deverá organizar, com antecedência, um programa para coleta de corpos de prova, tornando-se mais uma rotina da obra. Este programa deverá ser aprovado pela FISCALIZAÇÃO e poderá ser modificado, a critério da mesma. A moldagem e a cura dos corpos de prova deverão ser executadas de acordo com a NBR-5738/1994.

Todo o trabalho referente à retirada, moldagem, cura e testes dos corpos de prova será de responsabilidade da CONTRATADA que, inclusive, os identificará por uma numeração crescente e pela data de moldagem. A retirada e a moldagem dos corpos de prova deverão ser executadas na presença da FISCALIZAÇÃO.

Os corpos de prova deverão ser testados em laboratório e aprovados pela FISCALIZAÇÃO e os resultados dos ensaios serão enviados, por escrito, à mesma.

De acordo a NBR12655, as amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a operação de concretagem, conforme a ABNT NBR NM 33. Cada exemplar deve ser constituído por dois corpos de prova da mesma amassada, conforme a ABNT NBR 5738, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. Ressalta-se a importância de execução de um corpo de prova sobressalente (armazenado em local apropriado na obra) a cada exemplar com a finalidade de se obter, no futuro, quando necessário, confirmação sobre resultados dos ensaios anteriores.

Ficará a cargo da FISCALIZAÇÃO o julgamento dos resultados dos ensaios recebidos do laboratório.

3.2.7 Aceitação ou Rejeição do Concreto

O concreto executado pela CONTRATADA será aceito pela FISCALIZAÇÃO, se comprovado por ensaios de laboratório que:

- Amostragem Parcial – os lotes de concreto, possuem o valor estimado da resistência

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 10/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

característica, calculado conforme item 6.2.3 da NBR12655, que atendem à resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.

- Amostragem Total – todos os exemplares possuem o valor estimado da resistência característica, calculado conforme 6.2.3 da NBR12655 que atendem à resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.

Caso as amostras não atendam ao especificado em norma, aos requisitos de projeto e as exigências da FISCALIZAÇÃO, pode-se proceder a contraprova com a amostra sobressalente, e caso a mesma apresente características indesejáveis o lote será rejeitado.

3.3 MATERIAIS DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.3.1 Cimento

Todo o cimento deverá estar de acordo com as exigências da norma NBR 16697. A FISCALIZAÇÃO deve rejeitar as partidas de cimento, em sacos ou a granel, cujas amostras revelarem, nos ensaios, características inferiores aquelas estabelecidas pela referida norma técnica.

Caso o cimento seja entregue em saco, todos os locais de armazenamento deverão ser tais que permitam fácil acesso para trabalhos de inspeção e identificação. Quantidades suficientes de cimento deverão ser estocadas de maneira a permitir a fiel execução do cronograma de concretagem.

Os materiais deverão ser estocados de acordo com as normas da ABNT, em ordem cronológica de chegada, com condições para usar inicialmente o material estocado em primeiro lugar. Para tanto, cada partida de material deverá ser devidamente identificada.

O estoque deve ser realizado em local coberto ou fechado, de modo que não tenha contato com a umidade e que seja garantida sua validade estabelecida pelo fabricante, não ocorrência de endurecimento, contaminação ou alterações de suas características. O transporte interno até o local de mistura deve garantir as mesmas condições de estoque.

O cimento estocado por mais de 120 dias não poderá ser utilizado na obra, a não ser quando aprovado pela FISCALIZAÇÃO, após os respectivos ensaios.

Se for utilizado cimento a granel, os silos de armazenamento deverão ser esvaziados e limpos pela CONTRATADA, quando exigidos pela FISCALIZAÇÃO; todavia, o intervalo entre duas limpezas sucessivas dos silos nunca será superior a 120 dias.

3.3.2 Aditivos

Todos os aditivos a serem utilizados deverão atender às especificações contidas na norma

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 11/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

NBR 11768 da ABNT, e deverão ser adicionados a cada traço, diluídos numa porção de água de amassamento, ou de acordo com instruções da FISCALIZAÇÃO.

Todos os aditivos tais como aceleradores, expansores, superfluidificantes, etc. poderão ser usados, desde que sejam determinados ou aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

3.3.3 Água

A água usada nos concretos e argamassas deverá estar livre de quantidades excessivas de silte, matéria orgânica, álcalis, óleos, sais ou outras impurezas, conforme indicado nas normas da ABNT.

A CONTRATADA deve proceder a uma pesquisa sistemática da qualidade da água utilizada para o preparo do concreto no canteiro, de modo a estar seguro de que, em qualquer tempo, ela terá características não nocivas à qualidade do concreto.

3.3.4 Microsílica

A Microsílica é uma variedade amorfa de sílica, que se forma no processo de produção do Ferro Silício e do Silício Metálico. O emprego deste material melhora as condições de porosidade, melhora a aderência pasta/agregado e areação com os produtos de hidratação do cimento resulta em compostos mais resistentes, diminuindo a lixiviação e aumentando a resistência à abrasão.

Todos os locais de armazenamento dos sacos da microsílica deverão ser tais que permitam fácil acesso para trabalhos de inspeção e identificação. Quantidades suficientes do material deverão ser estocadas de maneira a permitir a fiel execução do cronograma de concretagem.

Os materiais deverão ser estocados de acordo com as normas da ABNT, em ordem cronológica de chegada, com condições para usar inicialmente o material estocado em primeiro lugar. Para tanto, cada partida de material deverá ser devidamente identificada.

O estoque deve ser realizado em local coberto ou fechado, de modo que não tenha contato com a umidade e que seja garantida sua validade estabelecida pelo fabricante, não ocorrência de endurecimento, contaminação ou alterações de suas características. O transporte interno até o local de mistura deve garantir as mesmas condições de estoque.

3.3.5 Agregados

É fundamental que se tenha um perfeito conhecimento dos agregados a serem utilizados para a obtenção de um concreto com boa resistência e durabilidade, visto que eles constituem aproximadamente 75% da composição do concreto, sendo os materiais menos homogêneos dentre os utilizados nas estruturas de concreto armado. Eles podem ser subdivididos em duas categorias:

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 12/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

- Agregado miúdo: Areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,75 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,150 mm;
- Agregado graúdo: Pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira de malha quadrada com abertura nominal de 75mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,75 mm.

Os agregados a serem utilizados nas estruturas de concreto armado deverão obedecer às exigências contidas nas NBR 7211 e NBR 6118 da ABNT.

3.3.5.1 Pilhas de Estocagem de Agregados:

O agregado deverá ser estocado em pilhas de acordo com suas dimensões nominais e de maneira a evitar mistura com outros agregados, contaminação por poeira ou outros materiais estranhos, devendo ser possibilitada a drenagem livre de água.

Uma quantidade suficiente de agregado em cada gradação deverá ser mantida nos estoques, de modo a possibilitar um lançamento contínuo e complementação de qualquer módulo de concreto iniciado, bem como evitar a modificação de traços para atender a situações momentâneas de excesso ou falta de determinadas gradações.

3.3.5.2 Amostragem e Ensaios:

As amostras dos agregados representativos dos materiais a serem usados na obra serão retiradas pela FISCALIZAÇÃO, antes da data prevista para o início da concretagem, conforme recomendações da NBR NM26.

As amostras deverão ser submetidas aos ensaios necessários para comprovar sua concordância com os termos destas especificações.

Todos os ensaios serão dirigidos pela FISCALIZAÇÃO, de acordo com os métodos padrões da ABNT.

Durante a construção, a FISCALIZAÇÃO poderá continuar com a amostragem e ensaios dos agregados para verificar o atendimento aos requisitos especificados.

Os ensaios de agregados poderão ser feitos nos vários estágios de processamento e manuseio, a critério da FISCALIZAÇÃO.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 13/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

3.3.5.3 Qualidade:

Agregado Miúdo

As percentagens máximas de substâncias nocivas no agregado miúdo, ao entrar na betoneira, não deverão ultrapassar os seguintes valores, em percentagem do peso do material:

- Material pulverulento passando na peneira no. 200 (0,075 mm de abertura de malha): conforme a Norma NBR NM 46: 1,0%;
- Torrões de argila (Norma NBR-7218): 1,5%;
- Matérias carbonosas (Norma NBR-7211): 0,5%;
- Substâncias prejudiciais: isento de substâncias prejudiciais tais como gravetos, mica, grânulos tenros, friáveis ou envolvidos por películas, etc;
- Massa específica: não inferior a 2,5 t/m³, conforme a Norma NBR NM 45.

Importante realização de ensaios para verificação a reatividade potencial do agregado de acordo com a NBR 7211 e NBR 15577, visando evitar a ocorrência de reações expansivas deletérias devidas à reação álcali-agregado.

Agregado Graúdo

A quantidade de substâncias nocivas, ao entrar na betoneira, não deve exceder os seguintes limites, em percentagem do peso do material:

- Torrões de argila e partículas friáveis (Norma NBR-7218): 0,25%;
- Material pulverulento passando na peneira no. 200 (0,075 mm de abertura de malha), conforme a Norma NBR NM 46: 0,5%.

O agregado graúdo obedecerá, ainda, às seguintes exigências:

- Ensaio de abrasão "Los Angeles": a perda nas várias graduações de agregado não excederá 40%, devendo o número de rotações ser determinado em função da graduação do agregado em exame, conforme a Norma NBR NM51;
- Massa específica: não inferior a 2,6 t/m³, conforme a Norma NBR NM45.

Importante realização de ensaios para verificação a reatividade potencial do agregado de acordo com a NBR 7211 e NBR 15577, visando evitar a ocorrência de reações expansivas deletérias devidas à reação álcali-agregado.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 14/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

3.3.5.4 Composição Granulométrica:

A composição granulométrica deverá ser determinada de acordo com a Norma NBR NM 248, devendo ficar dentro dos limites apresentados na Norma NBR-7211 (conforme apresentado a seguir), a menos que seja determinado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

Agregado Miúdo (areia)

Tabela 3.2 – Limites Granulométricos para o Agregado Miúdo

Peneiras Aberturas Nominais (mm)	Porcentagem, em massa, retida acumulada Zona Ótima – Limite Inferior	Porcentagem, em massa, retida acumulada Zona Ótima – Limite Superior
9,5	0	0
6,3	0	0
4,75	0	5
2,36	10	20
1,18	20	30
0,6	35	55
0,3	65	85
0,15	90	95

A granulometria do agregado miúdo será também controlada de modo que os módulos de finura de pelo menos quatro dentre cinco amostras consecutivas ensaiadas não tenham variação maior do que 0,15 do módulo de finura médio de todas as amostras ensaiadas.

Agregado Graúdo

Tabela 3.3 – Limites Granulométricos para o Agregado Graúdo

Peneiras Aberturas Nominais (mm)	Porcentagem, em massa, retida acumulada		
	4,75mm a 12,5mm	9,5mm a 25mm	19mm a 31,5mm
37,5	-	-	-
31,5	-	-	0-5
25	-	0-5	5-25
19	-	2-15	65-95
12,5	0-5	40-65	92-100
9,5	2-15	80-100	-
6,3	40-65	92-100	-
4,75	80-100	95-100	-
2,36	95-100	-	-

Os limites indicados são para cada tamanho de agregado, separadamente.

3.4 DOSAGEM E MISTURA DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 15/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

3.4.1 Dosagem

As quantidades de cimento, aditivos, areia e cada tamanho nominal de agregado graúdo, que compõem o traço, deverão ser aprovados pela FISCALIZAÇÃO com base em resultados dos ensaios de laboratório.

As quantidades de agregados e cimento devem ser determinadas em peso. A água poderá ser medida em peso ou volume e deverá ser tal que a mistura seja trabalhável, sem falta e sem excesso. Na dosagem da água de amassamento, deve ser levada em conta a umidade dos agregados inertes, principalmente a da areia, que deve ser determinada por meio de *speedmoisturetester*, ou outros métodos usuais.

Os traços devem ser determinados por dosagem racional ou experimental, devendo, no entanto, ser respeitado os valores máximos de relação água/cimento e resistência característica “fck” definidos em projeto.

A resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade prevalentes durante a construção. Esta variabilidade medida pelo desvio-padrão, *sd*, é levada em conta no cálculo da resistência de dosagem, segundo a equação:

$$f_{cmj} = f_{ckj} + 1,65 \times sd$$

onde:

- *f_{cmj}* é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de *j* dias, expressa em megapascals (MPa);
- *f_{ckj}* é a resistência característica do concreto à compressão, aos *j* dias, expressa em megapascals (MPa);
- *sd* é o desvio-padrão da dosagem, expresso em megapascals (MPa).

No intuito de garantir a durabilidade, estanqueidade e resistência do concreto de acordo com os valores especificados em projeto e satisfazer outras condições porventura requeridas pela agressividade do ambiente, a CONTRATADA deverá solicitar a presença um engenheiro especialista para:

- desenvolver o traço do concreto a ser utilizado,
- acompanhar os processos referentes à fabricação, transporte, lançamento, adensamento, acabamento, cura,
- desenvolver um plano de concretagem, acompanhando a liberação das concretagens de etapas subsequentes.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 16/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

3.4.2 Mistura

A mistura e o amassamento poderão ser efetuados em central de concreto na obra ou através de mistura pronta (concreto pré-misturado) fornecida por empresa especializada.

Todos os dispositivos destinados à medição para preparo do concreto, deverão estar sujeitos à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Quando a mistura for feita em central de concreto, situada fora do local da Obra, a betoneira e os métodos usados deverão estar de acordo com os requisitos da norma NBR7212 - Execução de Concreto Dosado em Central.

3.4.2.1 Mistura em central de concreto na obra

Quando se utilizar uma central de concreto na obra, deverão ser observadas todas as prescrições sobre a dosagem, devendo a mesma ser inspecionada e aprovada pela FISCALIZAÇÃO antes do início de sua utilização.

Os concretos convencionais, executados na central de concreto da obra, serão misturados completamente, até apresentar aparência uniforme, com todos os componentes igualmente distribuídos.

Não será permitido um misturamento excessivo, que necessite da adição de água para preservar a consistência necessária do concreto.

A sequência da introdução dos componentes na betoneira deverá ser determinada na obra, com o propósito de se obter a melhor qualidade, fazendo-se os ajustes necessários.

A betoneira não será sobrecarregada além da capacidade recomendada pelo fabricante, e será operada na velocidade indicada na placa que fornece as características da máquina. A betoneira deverá ser limpa após cada período de produção de modo que o material que eventualmente ficou aderido seja removido e, portanto, não prejudique as futuras betonadas.

Concreto parcialmente endurecido não deverá ser reaproveitado para nova mistura.

O transporte entre a central de controle os locais de lançamento deverá ser o mais rápido quanto possível, evitando a segregação do concreto.

3.4.2.2 Mistura pronta (concreto pré-misturado) fornecida por empresa especializada

Quando for empregado concreto pré-misturado, a CONTRATADA deverá exigir da empresa fornecedora garantias de que sejam preenchidos todos os itens desta especificação, além de verificar se essa usina atende às exigências constantes da NBR 7212.

A liberação do concreto usinado envolverá as seguintes verificações:

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 17/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

- consistência do concreto de cada caminhão, medida de acordo com o Método NBR 7223, devendo estar de acordo com o pedido;
- homogeneidade da mistura, sendo rejeitado todo o caminhão que, por defeito nas pás da betoneira, não produzir homogeneização do concreto.

3.5 TRANSPORTE DO CONCRETO

3.5.1 Central de concreto na obra

O transporte de concreto do local de amassamento para o de lançamento deverá ser feito de modo que não decorram mais do que 30 minutos entre o momento em que se adiciona toda a água à mistura e o momento de lançamento.

O meio de transporte deve ser tal que não produza segregação dos elementos.

Quando o transporte for feito por meio de vagonetas, a velocidade do transporte não poderá ser superior a 20 km/h.

Quando o transporte for feito por meio de correias transportadoras, o ângulo de inclinação das mesmas não poderá ultrapassar:

- 18º para concreto com abatimento até 5 cm.
- 15º para concretos com abatimento de 6 a 10 cm.

A velocidade da correia não deve ser superior a 1 m/seg.

Os transportes devem ser cobertos, com a finalidade de proteger o concreto de chuvas e outras contaminações.

3.5.2 Transporte por bombeamento

Quando o transporte for feito por bombeamento os agregados miúdos deverão ser proporcionados na relação 1:2 e 1:3.

No peso total de agregado miúdo, a quantidade de partículas com dimensões até 0,3 não deverá ultrapassar 15 a 20%.

É recomendável o uso de aditivos plastificantes, de modo que se garanta à mistura uma consistência adequada durante o transporte pelas tubulações.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 18/38
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0

O diâmetro máximo do agregado graúdo dependerá do diâmetro da tubulação de transporte. Quando forem empregados agregados de maior diâmetro que os especificados na NBR-7211, recomenda-se a tabela abaixo:

Diâmetro interno da Tubulação (mm)	Dimensão máxima do agregado graúdo (mm)
280	70
200	70
150	40

Antes da admissão de concreto na tubulação, esta deverá ser rigorosamente limpa e lubrificada, passando-se pela mesma, nata de cimento. Para que a nata se espalhe por toda a superfície interna da tubulação, a mesma deverá ser fechada em uma das extremidades, de modo a impedir a saída da nata garantindo o total umedecimento do tubo.

Deverão ser tomadas providências para que o fluxo de concreto dentro da tubulação não sofra interrupções por obstrução.

Imediatamente após o uso, a tubulação deverá ser limpa completamente por meios mecânicos e em seguida lavada com água corrente.

No caso de transporte por bombeamento, a CONTRATADA deverá observar todas as recomendações contidas nas especificações do fabricante do equipamento.

3.5.3 Transporte de concreto pré-misturado (central externa)

No caso de transporte de concreto pré-misturado, o intervalo total de tempo entre o momento da adição da água e o momento do lançamento não poderá ultrapassar 1(uma) hora, contado a partir do início da mistura até o final do adensamento.

Este tempo poderá ser aumentado, quando forem admitidos pela FISCALIZAÇÃO, desde que não haja nenhum prejuízo na qualidade do concreto até o término do seu adensamento, por exemplo, pela utilização de aditivo retardador de pega, em dosagem conveniente.

Os concretos pré-misturados que apresentarem qualquer sinal de segregação de material não poderão ser utilizados.

3.6 FÔRMAS

3.6.1 Geral

As fôrmas deverão ser fabricadas com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo ser usadas nos locais onde se façam necessárias para confinar o concreto e moldá-lo segundo as linhas, dimensões e juntas especificadas no projeto.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 19/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

Não deve ser iniciada a concretagem de qualquer peça, sem que antes a respectiva forma seja inspecionada e aprovada pela FISCALIZAÇÃO, o que não isentará a CONTRATADA de sua responsabilidade da obtenção de superfícies desempenadas, sem curvaturas e outros defeitos; caso apareçam superfícies inaceitáveis, serão corrigidas empregando-se métodos aprovados, ou então o concreto afetado será retirado, conforme decisão da FISCALIZAÇÃO.

As formas, sejam de compensados de madeira ou metálicas, devem ser reforçadas e ter resistência suficiente para suportar a pressão resultante do lançamento e vibração do concreto, mantendo-se rigidamente, em posição correta, sem deformação e devem ser estanques, de modo a impedir a perda da nata do concreto.

Deverão ser usados, conforme necessário, recursos adicionais para fixação das fôrmas, com o objetivo de mantê-las firmes contra o concreto endurecido.

Além do que especificado em norma, serão levadas em conta as seguintes especificações:

- Dimensões: as formas deverão ser executadas rigorosamente de acordo com as dimensões indicadas no PROJETO e terem a resistência necessária para não se deformarem sob a ação do conjunto de peso próprio, peso e pressão do concreto fresco, peso das armaduras, das cargas acidentais e esforços provenientes da concretagem, principalmente em função da pressão resultante do lançamento e vibração do concreto, e sob a ação das variações de temperatura e umidade;
- Estanqueidade: as formas deverão ser suficientemente estanques de maneira a impedir a fuga da nata ou pasta de cimento;
- Dimensionamento: o dimensionamento das formas e dos escoramentos será feito de forma a evitar possíveis deformações devido a fatores ambientais ou provocados pelo adensamento do concreto fresco; as formas serão dotadas da contra-flecha necessária conforme PROJETO;
- Confecção: as formas serão confeccionadas ou montadas de forma que permitam a retirada dos diversos elementos com facilidade e principalmente, sem choques;
- Qualidade: não deverão ser utilizadas tábuas, folhas de compensado e chapas metálicas irregulares ou empenadas, devendo ainda a madeira ser isenta de 'nós' prejudiciais;
- Amarração: a amarração das formas deverá garantir o perfeito alinhamento e paralelismo, impedindo o aparecimento de ondulações; a FISCALIZAÇÃO poderá exigir o acompanhamento topográfico em todas as fases de concretagem;
- Reutilização: as formas poderão ser reutilizadas quantas vezes forem possíveis, desde que os danos sofridos nas concretagens não comprometam o acabamento das superfícies concretadas;

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 20/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

- Limpeza: no reaproveitamento de formas, as mesmas deverão ser limpas e protegidas com agentes de desforma; não será permitido o uso de óleo queimado ou de outros produtos que venham a prejudicar a uniformidade de coloração ou aparência da pintura ou de outros materiais de acabamento;
- Revisão: as formas e os escoramentos devem ser revistos periodicamente prevendo-se a troca de elementos (braçadeiras, parafusos, escoramentos, mãos francesas, espaçadores, etc.) que não ofereçam condições de uso ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Fôrmas que não mais apresentarem linhas e greides exatos, e estanqueidade à argamassa, que estejam empenadas, danificadas de alguma forma, ou inadequadas, deverão ser consertadas antes de serem novamente utilizadas. Quando, na opinião da FISCALIZAÇÃO, as fôrmas não mais apresentarem as tolerâncias, acabamento ou aparência aqui especificados, ou forem consideradas inadequadas, as mesmas deverão ser substituídas por fôrmas aceitáveis.

3.6.2 Limpeza e Lubrificação das Fôrmas

Por ocasião do lançamento do concreto, as fôrmas deverão estar isentas de incrustações de argamassa ou outros materiais estranhos.

As formas devem ser limpas, devem estar isentas de pó, serragem, restos de arame de armadura, pregos e outros detritos no momento da concretagem. Com esses propósitos, devem ser deixadas aberturas nas formas até o lançamento do concreto.

Antes que o concreto seja lançado, deve ser aplicado nas formas uma demão de desmoldante, de fórmula aprovada pela FISCALIZAÇÃO, que não deixará na superfície de madeira qualquer película que possa ser absorvida pelo concreto.

A armadura de aço ou outras superfícies que necessitem de aderência ao concreto deverão ser mantidas isentas do desmoldante.

As formas de madeira serão molhadas até a saturação, anteriormente ao lançamento do concreto.

3.6.3 Escoramento e Andaimos

Devem ser levadas em conta as seguintes especificações:

Para dimensionamento dos escoramentos, o concreto fresco deve ser considerado com peso específico igual a 2.400 Kg/m³ para cargas verticais; relativamente às cargas horizontais será considerado o peso específico de 1.360 kg/m³ para a altura de concretagem a ser executada durante a primeira hora de serviço, e de 720Kg/m³ para a altura que será

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 21/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

executada após esta 1ª hora de serviço; o comprimento livre dos esteios e de outros elementos de madeira submetidos à compressão longitudinal, não excederá a 30 vezes seu diâmetro ou sua menor dimensão; a estrutura deve suportar a cargas sem recalque ou deformações inadequadas

Antes ou depois do lançamento do concreto; caso o escoramento apresente algum sinal de recalque ou distorção indevida, o trabalho deve ser suspenso e o concreto afetado, retirado, reiniciando-se o trabalho após o reforço do escoramento.

3.6.4 Remoção das Fôrmas e Escoramentos

Para permitir a execução da cura especificada e facilitar a rápida correção das imperfeições das superfícies, as fôrmas deverão ser cuidadosamente removidas tão logo o concreto tenha endurecido e adquirido suficiente resistência para que a remoção não resulte em trincas perceptíveis, desagregação ou quebra das arestas das superfícies ou outros danos para o concreto.

A remoção das formas e a retirada dos escoramentos estão condicionados a realização de ensaios para comprovação das propriedades mecânicas do concreto, devendo ser respeitados os seguintes prazos mínimos:

- Faces laterais: 72 horas
- Faces inferiores: 14 dias, mantendo os pontaletes
- Faces inferiores: 21 dias, com retirada total dos pontaletes

Abaixo a tabela dos resultados esperados para o concreto nas idades intermediárias e aos 28 dias:

Tabela 3.4 – Propriedades mecânicas do concreto para várias idades

Idade (dias)	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de deformação secante (GPa)
3	18,5	20,5
14	34,5	29
21	38	31
28	40	32

Quaisquer reparos necessários em superfícies deverão ser realizados de uma só vez e imediatamente após a remoção das fôrmas.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 22/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

Os prazos de desforma acima citados são devidos a melhorar a cura. Embora o concreto tenha atingido a resistência a compressão deve ser evitado a desforma antecipada para se evitar a perda de água, que permitirá a entrada de agentes agressivos e a instalação de células de corrosão nas armaduras ou mesmo uma carbonatação mais intensa, desprotegendo o aço, bem como propiciará o aparecimento de fissuras que comprometem a estanqueidade do concreto.

3.6.5 Liberação para Trabalhos de Compactação

Os trabalhos de compactação só poderão ser inicializados após a realização de ensaios para comprovação das propriedades mecânicas do concreto, conforme tabela acima e respeitando os prazos mínimos:

- Reaterro lateral das paredes: 14 dias do término do lançamento de concreto daquele trecho da estrutura. Caso a estrutura seja do tipo galeria ou bueiro, o prazo para o reaterro deve ser medido a partir da concretagem da laje superior.
- Reaterro sobre a laje superior: 28 dias do término do lançamento de concreto daquele trecho da estrutura.

3.7 PREPARO PARA LANÇAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.7.1 Superfícies de Fundação

Imediatamente antes do lançamento do concreto, todas as superfícies de fundação sobre as quais ou de encontro às quais o concreto deva ser lançado, deverão estar livres de água, lodo ou detritos, limpas e isentas de óleo, aderências indesejáveis, fragmentos soltos, semi-soltos e alterados.

Superfícies porosas nas fundações de encontro às quais o concreto será lançado, deverão ser completamente umedecidas, de modo que a água do concreto fresco recém-lançado não seja absorvida.

Todas as infiltrações de água, caso ocorram, deverão ser coletadas por meio de drenos de brita, cobertos com argamassa de pega rápida e dispendo de tubo coletor (para drenagem e/ou injeção), ou por meio de outros métodos aprovados pela FISCALIZAÇÃO. Toda a água coletada nos drenos deverá ser bombeada durante o período de concretagem.

Logo depois que a infiltração for controlada, a tubulação de drenagem deverá ser concretada e/ou injetada.

Depressões ou irregularidades nas fundações deverão ser preenchidas com uma camada de argamassa ou concreto de regularização, com no mínimo 10cm.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 23/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

O concreto não deverá ser lançado em nenhum local da fundação sem a prévia aprovação da FISCALIZAÇÃO.

3.7.2 Superfícies das Juntas de Construção e de Dilatação

As superfícies de concreto sobre as quais, ou de encontro às quais, o concreto novo será lançado, devendo a elas aderir, mas que tenham se tornado tão rígidas que o concreto novo não possa ser incorporado ao concreto antigo, são definidas como juntas de construção.

As superfícies das juntas de construção deverão se apresentar limpas, apicoadas e umedecidas antes de serem cobertas com o concreto fresco.

A limpeza consistirá de remoção de nata, concreto solto ou defeituoso, areia ou outros materiais estranhos.

As superfícies das juntas de construção deverão ser limpas com jato d'água ou qualquer outro método aprovado pela FISCALIZAÇÃO, que produza resultados satisfatórios imediatamente antes do início do lançamento do concreto.

Na limpeza das juntas de construção, deverá ser tomado cuidado para evitar excesso de desbastamento.

Depois do tratamento, a superfície deverá ser limpa e lavada enquanto houver sinais de turvação da água, imediatamente antes do início de novo lançamento.

As juntas de dilatação devem ser executadas de tal modo a permitirem absoluta liberdade de movimento entre as estruturas de concreto e não deverão receber qualquer tratamento, além do indicado no projeto.

3.7.2.1 Junta Fria

Considera-se como junta fria a junta de construção não programada que pode ocorrer acidentalmente durante o lançamento do concreto.

Sua presença é constatada no momento em que um vibrador, funcionando, não penetra pelo seu próprio peso através da superfície da camada de concreto, exigindo, para o estabelecimento de continuidade do processo construtivo, cuidados especiais para obtenção de superfície aderência mecânica na continuidade da concretagem.

As juntas frias deverão ser evitadas. No momento em que se constatarem condições tendentes à sua formação deve-se providenciar, imediatamente, o confinamento e a vibração das cabeças das camadas, evitando suas superposições. Nessa operação deve-se cuidar para que a superfície da junta fique em rampa suave de (2:1).

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 24/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

As superfícies das juntas devem receber tratamento com escova de aço, jateamento de areia ou qualquer outro processo que proporcione a formação de dentes, ranhuras ou saliências. A superfície da junta concretada anteriormente deve passar por uma limpeza (lavagem com água) dos materiais pulverulentos, nata de cimento, graxa ou quaisquer outros prejudiciais à aderência.

O tratamento indicado, ou qualquer outro aprovado pela FISCALIZAÇÃO, deverá proporcionar à superfície da junta condições de aderência com o concreto a ser lançado.

3.7.2.2 Juntas de Construção

Consideram-se como juntas de construção a superfície resultante do contato de uma camada de concreto recém-lançada, com a superfície de concreto já existente, e de tal modo endurecida, que não permita uma íntima fusão entre as camadas e que, mesmo por ação de vibração, o concreto novo não mais se incorpora com o anteriormente lançado.

A utilização com traço com elevado Slump, nas execuções das cabeças, deverá ser evitada por determinar junta frágil com muita porosidade.

Os resíduos não consolidados de concreto, que resultem soltos na superfície, deverão ser removidos antes que os trabalhos de preparo da superfície da junta sejam iniciados.

Para as juntas, a critério da FISCALIZAÇÃO, o corte do concreto deverá ser feito com jato de areia e água, horas antes do reinício da nova etapa de lançamento, seguido de completa lavagem. A idade do concreto já existente deve ser superior a 15 horas e inferior a 72 horas e apresentar resistência suficiente para evitar que o agregado graúdo se destaque na superfície tratada.

Se a idade do concreto for superior a 72 horas, deve-se apicoar toda a superfície que entrará em contato com o concreto novo.

O preparo de juntas de construção com corte de ar e água poderá ser executado desde que se situe na faixa de 4 a 15 horas após o lançamento. O intervalo de tempo ideal dependerá da temperatura ambiente e dos fatores intrínsecos do concreto.

Qualquer corte com ar e água somente será autorizado se previstos os seguintes cuidados:

- Não serem executados prematuramente, para evitar erosões e desprendimento do agregado graúdo;
- Quando o início da concretagem for superior a 48 horas, deverá ser feita aplicação de jatos de água e ar na superfície da junta para sua limpeza, com antecedência de 3 a 4 horas.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 25/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

No caso de ocorrer contaminação em juntas tratadas por esse processo de limpeza, deverá ser feito um novo tratamento com jato de areia, aplicado momentos antes do próximo lançamento.

É importante que durante o lançamento não haja superposições de cabeças entre duas camadas. Deverá ser mantida sempre uma distância razoável e constante entre as cabeças de concretagem.

A retomada da concretagem deve se dar de tal modo que seja evitado o efeito de ricochete sobre a superfície endurecida.

O concreto lançado deverá ser vibrado de modo a pressionar a cabeça da junta.

3.7.2.3 Junta de Construção com Tratamento à Base de Resina Epóxi

A FISCALIZAÇÃO, a seu critério, ou mesmo por indicação da CONTRATADA, com aprovação da FISCALIZAÇÃO, em locais aprovados por ela, poderão ser executados os seguintes serviços, em juntas de construção:

- As superfícies deverão estar isentas de poeira, nata de cimento, graxa, óleo, parafina ou qualquer substância estranha.
- Antes da aplicação do epóxi, a superfície do concreto deverá estar completamente seca, devendo-se observar se, ao se fazer jateamento com ar comprimido, esse ar não contenha vapor de água.
- A resina à base de epóxi deverá ser preparada em pequenas quantidades (componente A + componente B), de tal modo que haja tempo de se recobrir, com concreto, uma porção tal da superfície de modo que ainda não haja iniciado o endurecimento da mistura dos dois componentes aplicada nesta superfície.
- O tempo de vida útil (*pot-life*) depende da marca do produto e da temperatura ambiente, desde que as proporções entre os dois componentes estejam corretas.
- Poderá ser utilizado adesivo estrutural à base de epóxi de qualquer fabricante, ou distribuidor renomado, tal como: Sikadur 32 (Sika) ou outra marca, de fabricante idôneo.
- Deverá ser colocada na obra quantidade de produto superior ao consumo estimado que, no caso, seria em torno de 1,5 a 2 kg/m², já que, se o consumo real for maior que o estimado, não haverá material de sobra, e seria criada uma nova junta fria, que poderia se apresentar até mesmo em piores condições que a primeira.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 26/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

3.7.2.4 Juntas de Dilatação no Concreto

Considera-se como junta de dilatação a interrupção no concreto com a finalidade de reduzir tensões internas que possam resultar em impedimentos a qualquer tipo de movimentação da estrutura, principalmente em decorrência de retração ou rebaixamento da temperatura.

As juntas de dilatação no concreto deverão ser rigorosamente executadas de acordo com os detalhes previstos no projeto. Dentro da realidade encontrada na obra, a CONTRATADA deverá submeter à aprovação da FISCALIZAÇÃO, antecipadamente, os locais de juntas, bem como os detalhes e especificações da execução.

Depois de concluído todo o trabalho, a argamassa solta, ou que estiver formando conchas delgadas capazes de se estilhaçarem com o movimento, deve ser retirada cuidadosamente de todas as juntas usando-se um cinzel fino. Todas as juntas de dilatação devem ser construídas com material elástico flexível que satisfaça os requisitos necessário conforme preconizado no projeto. Para estabelecer descontinuidade estrutural do concreto deve-se utilizar isopor.

As juntas de dilatação não deverão receber qualquer tratamento, além do indicado no projeto.

3.7.3 Dispositivos de vedação

Todos os dispositivos de vedação elástica deverão ser instalados de maneira a formar um diafragma estanque, contínuo em cada junta e serão posicionados conforme indicado nos desenhos ou determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Os dispositivos de vedação elástica deverão ser instalados com aproximadamente metade de sua largura embutida no concreto, em cada lado da junta, a menos que seja detalhado de maneira diferente nos desenhos.

Deverá ser tomado cuidado no lançamento e vibração do concreto próximo ao dispositivo de vedação, para obtenção de aderência completa entre o dispositivo de vedação e o concreto.

Deverão ser adotadas providências adequadas para o apoio e proteção dos dispositivos de vedação, durante o andamento dos serviços, e para que suas superfícies permaneçam totalmente isentas de óleo, graxa, ou outras substâncias contaminantes.

Deverão ser usados dispositivos de vedação de PVC, conforme mostrado nos desenhos, ou determinado pela FISCALIZAÇÃO, sendo que, preferencialmente, sem o uso de emendas desses perfis.

No caso de necessidade de emendas, elas deverão ser localizadas apenas nas paredes, e a 1,0 m acima da face superior da laje de fundo.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 27/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

As emendas só poderão ser (de topo) e executadas por processo de solda autógena, e seguindo as instruções do fabricante. O aquecimento deverá ser controlado e o suficiente apenas para fundir o material sem carbonizá-lo.

Os dispositivos de vedação instalados em um lado de uma junta e que fiquem expostos 30 dias ou mais, sem que o outro lado venha a ser concretado, deverão ser cobertos ou protegidos de outra forma contra os raios diretos do sol e outros agentes externos que possam vir a danificá-los.

Os materiais de enchimento de juntas (mastique elástico, isopor ou equivalente), deverão ser aplicados nos locais mostrados nos desenhos ou determinados pela FISCALIZAÇÃO, de acordo com instruções ou recomendações do fabricante e na falta destas, de acordo com recomendações da FISCALIZAÇÃO.

3.8 LANÇAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.8.1 Lançamento

O concreto deverá ser lançado somente com tempo seco, a não ser que seja autorizado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

Não deverá ser usada argamassa nas juntas de construção, para evitar camadas permeáveis entre duas camadas consecutivas de concreto.

O concreto remisturado não deverá ser usado. Qualquer concreto, que tenha endurecido de tal forma que sua colocação adequada não possa ser assegurada, será rejeitado.

O concreto deverá ser descarregado o mais próximo possível de sua posição definitiva, não devendo ser obrigado a fluir, de modo que o movimento lateral permita ou cause segregação.

Os métodos e equipamentos empregados no lançamento do concreto nas formas deverão ser tais que evitem a segregação dos agregados graúdos da massa de concreto.

Iniciado o lançamento, a concretagem não deverá ser interrompida até que toda a concretagem do módulo tenha sido concluída.

A colocação do concreto deve ser contínua, e conduzida de forma a não haver interrupções superiores a duas horas, caso a temperatura ambiente seja cerca de 24°C ou menos. Para temperaturas mais elevadas, o tempo máximo de interrupções deverá ser de no máximo de uma hora.

Nas interrupções dos lançamentos do concreto, as juntas de construção deverão ter os cuidados já descritos no preparo dos lançamentos.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 28/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

As juntas de construção deverão ser aproximadamente horizontais, a não ser quando indicado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

As etapas de concretagem devem ser cuidadosamente definidas e aprovadas pela FISCALIZAÇÃO. A concretagem da laje de fundo deverá ocorrer até o limite superior da mísula (caso detalhado em projeto) ou a 15cm acima da laje, conforme indicado abaixo. O mesmo procedimento deve ser aplicado para a laje de topo, no caso de galerias e bueiros.

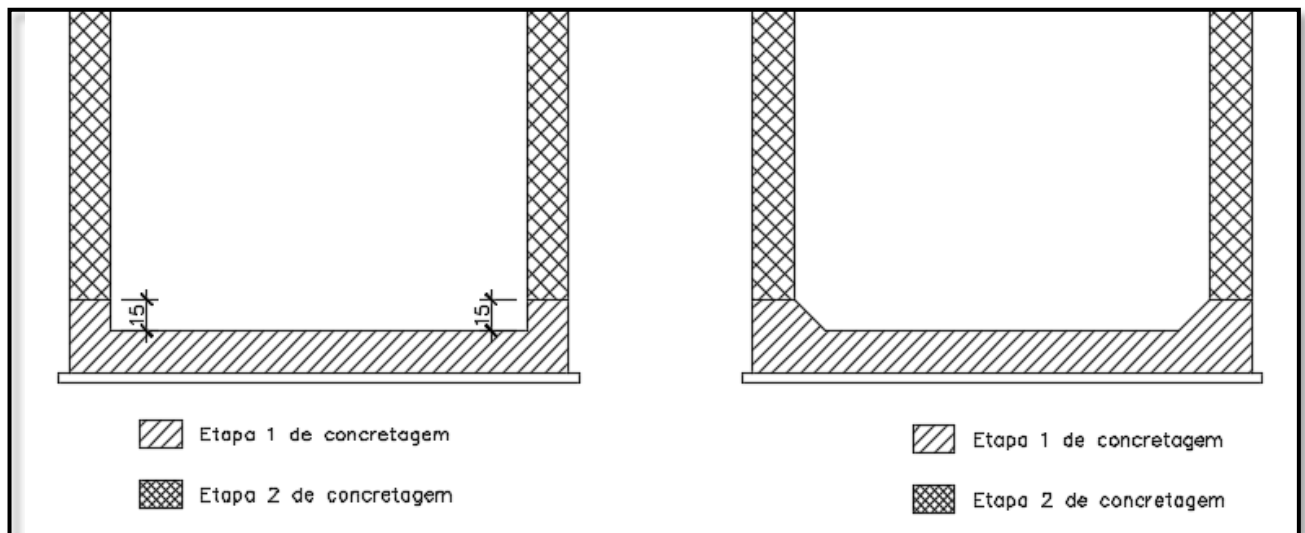


Figura 3.1 – Etapas de concretagem

O concreto deve formar uma pedra artificial compacta e estanque com superfícies lisas nas faces expostas, não deverá haver manchas, nem vazamentos, e as fissuras devido à retração devem ser reparadas, não poderão haver eflorescências nem reação álcali agregado, o concreto deverá ser garantido para uma vida útil de no mínimo 50 anos. Quando qualquer parte de concreto ficar poroso, ou apresentar qualquer outro defeito, deve ser retirado e substituído, total ou parcialmente, como for exigido pela FISCALIZAÇÃO.

3.8.2 Adensamento

O concreto deverá ser adensado até a densidade máxima praticável, livre de bolsas de ar e de vazios entre agregados graúdos, ficando aderido a todas as superfícies das formas e dos materiais embutidos.

O adensamento do concreto em estruturas deverá ser feito por vibradores do tipo imersão, com acionamento elétrico ou pneumático.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 29/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

Antes do início do lançamento do concreto, todos os vibradores a ar comprimido e as mangueiras deverão ser inspecionados para verificação de possíveis defeitos.

Quando imersos no concreto, os vibradores, cujo tubo vibratório tenha diâmetro igual ou superior a 10 cm, deverão ser operados com velocidades de, pelo menos, 6.000 rpm e os de diâmetro inferior a 10 cm com velocidades de, pelo menos, 7.000 rpm.

O vibrador deverá operar no adensamento do concreto em posição próxima da vertical, deixando o tubo vibratório penetrar e revibrar o concreto na parte superior.

Deverão ser tomadas precauções para evitar o contato dos tubos vibratórios com as faces das formas, aço da armadura e partes embutidas.

Deverá ser evitada vibração excessiva que possa causar segregação e exsudação.

3.9 CURA E PROTEÇÃO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

A CONTRATADA deve ter em seu poder, para uso imediato, todos os materiais e equipamentos necessários para a cura adequada e proteção do concreto antes que se inicie a concretagem. A cura deve ser iniciada imediatamente após o início da pega do concreto.

Em geral, o concreto deve ser curado como segue:

3.9.1 Cura com Água

O concreto de cimento Portland comum, curado com água, deverá ser mantido úmido pelo menos durante 14 dias.

A cura com água deverá começar assim que o concreto tenha endurecido suficientemente para evitar danos devidos ao umedecimento da superfície. As superfícies a serem cobertas, ou preenchidas com solo, só necessitam ser curadas até ser colocado o referido aterro.

O concreto deverá ser mantido úmido, sendo coberto por um material saturado de água como, por exemplo, uma camada de areia ou por um sistema de tubos perfurados, ou aspersão mecânica, ou por qualquer método que mantenha todas as superfícies a serem curadas continuamente (não periodicamente) molhadas.

No caso de se utilizar manta para cura de concreto, utilizar aquelas associadas a filme plástico, preferencialmente, que no uso atenderá às especificações do fabricante, o tempo de cura com água poderá ser reduzido, mas nunca menor que 4 dias completos consecutivos, contados a partir do término do lançamento do concreto neste trecho.

Esta redução do prazo de cura dependerá das condições climáticas, e deverá ser aprovada pela FISCALIZAÇÃO.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 30/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

As fôrmas em contato com concreto novo deverão ser também mantidas molhadas, de modo a conservar a superfície do concreto novo, tão fria quanto possível.

A água utilizada na cura do concreto deverá atender às mesmas exigências que a água usada no amassamento do concreto.

3.9.2 Cura Química

Os compostos para cura química devem ser usados de acordo com as indicações do fabricante, depois de aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

3.10 ACABAMENTO E MÉTODOS DE ACABAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.10.1 Geral

As classes de acabamento e as exigências para cada tipo de acabamento das superfícies de concreto deverão ser como especificadas neste item. O acabamento de superfícies de concreto somente deverá ser executado por pessoal habilitado. A CONTRATADA deverá manter a FISCALIZAÇÃO a par da ocasião em que o acabamento em concreto será executado. O acabamento em concreto deverá ser executado somente na presença de representante da FISCALIZAÇÃO.

As superfícies de concreto serão verificadas, onde necessário, para determinar se as irregularidades das superfícies estão dentro dos limites aqui especificados. As irregularidades de superfície são classificadas como abruptas ou graduais.

Ressaltos causados por deslocamentos ou desvios do revestimento, do forro das fôrmas, de seções de fôrmas, ou por outro defeito no revestimento delas, serão considerados como irregularidades abruptas e serão verificados por medição direta.

Todas as outras irregularidades serão consideradas como irregularidades graduais e serão verificadas pelo emprego de gabarito, que será uma régua, ou seu equivalente para superfícies curvas. O comprimento do gabarito será de 1,5 m para verificação de superfícies de acabamento tipo F3 e U3 e de 3 m para verificação de superfícies de outros tipos.

O acabamento de superfícies de concreto deverá ser preciso, perfeito, liso e livre de rebarbas, buracos, depressões, vazios, manchas e outros defeitos prejudiciais tal como especificado neste item.

Imediatamente após a remoção das fôrmas, o acabamento da superfície deverá ser inspecionado e submetido à aprovação da FISCALIZAÇÃO. A aprovação da superfície levará em conta o tipo de acabamento especificado e a localização da superfície na Obra.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 31/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

Cuidado especial deverá ser tomado no adensamento e acabamento de concreto sujeito à abrasão, ou cavitação, por ação da água, para se ter certeza de que as superfícies completadas sejam lisas, duras, densas e isentas de concentrações de agregado fino e pasta de cimento endurecido.

Os acabamentos a serem dados às várias superfícies serão como especificados adiante. No caso de acabamentos não claramente especificados aqui, o acabamento a ser usado deverá ser aquele especificado para superfícies similares adjacentes ou de acordo com a determinação da FISCALIZAÇÃO.

3.10.2 Superfícies de Concreto Colocadas contra Fôrmas

As classes de acabamento para superfícies de concreto colocado contra formas, exceto as superfícies para as quais sejam exigidos acabamentos especiais, serão indicadas pelos símbolos F1, F2 e F3.

Não será necessário esmerilhamento em tais superfícies, a não ser aquele indicado para correção de imperfeições das mesmas, como já especificado. Salvo especificação em contrário, as classes de acabamento serão as seguintes:

3.10.2.1 Acabamento F1

O acabamento F1 aplica-se a superfícies sobre, ou contra, as quais o concreto deverá ser colocado. As superfícies não exigem tratamento depois da remoção da forma, exceto para reparo do concreto defeituoso, e enchimento de cavidades deixadas pela remoção dos fixadores das formas, como exigido no item "Reparos no Concreto".

A correção das irregularidades, neste tipo de superfície, será necessária somente para as depressões cujas medidas excedam a 3,0 cm.

3.10.2.2 Acabamento F2

O acabamento F2 aplica-se a superfícies que não estejam permanentemente cobertas por material de enchimento, ou concreto, ou que não requeiram acabamento F3. Exceto como doravante previsto, as irregularidades medidas de superfície em acabamento F2 não poderão exceder a 6 mm para irregularidades abruptas, e 12 mm para irregularidades graduais.

3.10.2.3 Acabamento F3

O acabamento F3 aplica-se às superfícies para as quais o alinhamento exato e a regularidade sejam de importância do ponto de vista da eliminação de efeitos destrutivos ao fluxo da água ou em outros casos, a critério da FISCALIZAÇÃO.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 32/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

As irregularidades de superfície com acabamento F3, medidas como descritas anteriormente, não poderão exceder a 6 mm para irregularidades abruptas paralelas à direção do fluxo, e a 3 mm, para irregularidades abruptas não paralelas à direção do fluxo, ou para irregularidades abruptas de superfície, cuja aparência seja de importância especial. Nas juntas de construção, não serão permitidas irregularidades abruptas.

As irregularidades graduais não deverão exceder a 6 mm.

Todas as irregularidades maiores do que as especificadas para esta classe de acabamento deverão ser eliminadas por esmerilhamento em bisel, cuja razão da altura pelo comprimento é de 1 para 20, no caso de superfícies consideradas de importância especial. Para superfícies sujeitas à ação da água, o esmerilhamento em bisel será de 1 para 50, e de acordo com indicações da FISCALIZAÇÃO.

3.10.3 Superfícies Obtidas sem Fôrmas

As classes de acabamento para superfícies de concreto lançado sem uso de formas são indicadas pelos símbolos U1, U2 e U3. As superfícies interiores serão inclinadas para permitir drenagem, onde indicado nos desenhos de forma, ou determinado pela FISCALIZAÇÃO. As superfícies que serão expostas ao tempo e que normalmente seriam horizontais deverão ser inclinadas para permitir a drenagem, de acordo com os desenhos ou determinações da FISCALIZAÇÃO. Salvo especificação em contrário, estas classes de acabamento aplicam-se do seguinte modo:

3.10.3.1 Acabamento U1

O acabamento U1 (nivelamento à régua) aplica-se a superfícies que serão cobertas por material de reaterro, de enchimento, ou por concreto.

O acabamento U1 é também usado como o primeiro estágio dos acabamentos U2 e U3. As operações de acabamento deverão consistir no espalhamento de concreto, e passes de régua suficientes para produzir superfícies uniformes e niveladas.

As irregularidades de superfície medidas não poderão exceder a 15 mm.

3.10.3.2 Acabamento U2

O acabamento U2 (acabamento à desempenadeira) aplica-se a superfícies que não estejam permanentemente cobertas por material de enchimento, aterro, ou concreto, ou não necessitem receber o acabamento U3.

O acabamento U2 é também usado como o segundo estágio do acabamento U3. O alisamento poderá ser executado pelo uso de equipamento manual, ou mecânico. O alisamento deverá ser iniciado tão logo a superfície nivelada à régua tenha endurecido suficientemente, e deverá ser o mínimo necessário para produzir uma superfície que seja isenta de marcas de régua e de textura uniforme.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 33/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

Quando o acabamento U2 tiver que ser aplicado, o alisamento será contínuo, até que uma pequena quantidade de argamassa, sem água em excesso, venha à superfície, a fim de permitir alisamento efetivo por desempenadeira.

As irregularidades da superfície no acabamento U2 medidas não poderão exceder a 6 mm. As juntas e bordas deverão ser trabalhadas onde mostrado nos desenhos, ou onde for determinado pela FISCALIZAÇÃO.

3.10.3.3 Acabamento U3

O acabamento U3 será aplicado aos mesmos tipos de superfícies para as quais é exigido o acabamento F3.

Onde o acabamento U3 for indicado, o alisamento com desempenadeira de aço, pá mecânica, ou similar, deverá ser iniciado, quando a superfície já alisada tenha endurecido suficientemente para evitar que seja arrastado o excesso de material fino para a superfície.

O alisamento com desempenadeira de aço deverá ser executado com certa pressão, de modo a aplainar a textura arenosa da superfície já alisada, e produzir uma superfície densa e uniforme, livre de manchas ou marcas de colher. O alisamento não deverá ser exagerado a ponto de provocar excesso de calda junto à superfície.

As irregularidades graduais de superfície medidas não poderão exceder a 6 mm, e não serão permitidas quaisquer irregularidades abruptas.

3.11 REPAROS NO CONCRETO

O concreto que for danificado por qualquer causa, o concreto com ninhos, fraturado, com depressões excessivas, ou com outros defeitos deverá ser removido e substituído por argamassa ou concreto, conforme especificado adiante.

Exceto em casos muito excepcionais, os reparos das imperfeições, no concreto executado com fôrmas, deverão ser feitos imediatamente após a remoção das mesmas.

O enchimento com argamassa poderá ser usado para reparar defeitos em superfícies, quando as áreas defeituosas forem extensas e rasas.

O enchimento com concreto deverá ser usado para cavidades que se estendam através da seção de concreto, para furos onde não haja armadura e que tenham área superior a 1.000 cm², e profundidade superior a 10 cm, e para cavidades, em concreto armado, que tenham área superior a 500 cm² e que se prolonguem além da armadura.

Em áreas sujeitas a escoamento de água em alta velocidade, os reparos de depressões deverão ser feitos com argamassa preparada com Sika Top 122 ou similar, previamente aprovada pela FISCALIZAÇÃO.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 34/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

Todo o concreto defeituoso deverá ser removido, bem como pelo menos 2 cm de concreto são, ao longo de todas as superfícies de contorno do reparo.

O concreto deverá ser cortado em forma de cunha, com as bordas em ângulos próximos a 90°.

Todos os enchimentos deverão ficar firmemente ligados às superfícies dos furos e não apresentar trincas de retração depois de curados e secos.

3.12 TOLERÂNCIAS PARA CONSTRUÇÃO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.12.1 Geral

As irregularidades admissíveis das superfícies de concreto, de acordo com o especificado, deverão ser diferenciadas das tolerâncias descritas a seguir.

A FISCALIZAÇÃO se reserva o direito de reduzir os valores das tolerâncias aqui definidos, se esses prejudicarem a ação estrutural, ou operação funcional da estrutura.

Quando não forem estabelecidas as tolerâncias para qualquer estrutura individual, ou parte da mesma nessas especificações, ou nos desenhos, os desvios permissíveis serão estabelecidos de acordo com as determinações da FISCALIZAÇÃO.

3.12.2 Tolerâncias em relação a alinhamentos, cotas e dimensões de projeto

A CONTRATADA será responsável pela locação, colocação e manutenção das fôrmas de concreto, de modo que os desvios das diversas estruturas em relação aos prumos, níveis, alinhamentos, perfis e dimensões indicadas nos desenhos de projeto se mantenham dentro dos limites de tolerâncias preconizadas pela NBR14931 e NBR6118.

As estruturas de concreto serão verificadas pela FISCALIZAÇÃO, sendo objeto das inspeções e medições necessárias para determinar se os alinhamentos, cotas e dimensões de projeto respeitam as tolerâncias indicadas na NBR14931, principalmente o preconizado no seu item 9.2.4.

3.13 ARMADURA DE AÇO

3.13.1 Geral

Serão consideradas armaduras para concreto armado, as que satisfaçam a NBR 7480 da ABNT.

As barras não poderão apresentar defeitos prejudiciais tais como: fissuras, esfoliações, bolhas, oxidação excessiva e corrosão.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 35/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

Deverão ser rejeitadas as barras que não satisfizerem a esta especificação. Se a porcentagem de barras defeituosas for elevada, de modo a tomar praticamente impossível a sua separação e rejeição, todo o conteúdo deverá ser rejeitado.

As tolerâncias, amostragens, condições de aceitação, rejeição do lote e ensaios, deverão seguir às determinações da norma NBR 7480

De acordo com as normas da ABNT, deverá ser utilizado o seguinte tipo de aço:

- CA-50
- ϕ máx. = 3/4" (20 mm);
- Barras nervuradas.

3.13.2 Projeto

Os desenhos de armadura e a relação de ferros indicando as dimensões de corte e dobramento serão fornecidos pela PROJETISTA.

Se o material com os diâmetros especificados não estiver disponível no local da obra, a FISCALIZAÇÃO poderá determinar o emprego de outros diâmetros, com as necessárias modificações, desde que seja comunicado à PROJETISTA.

3.13.3 Corte e Dobramento

A armadura de aço deverá ser cortada a frio e dobrada com equipamento adequado, de acordo com prática usual, e as normas da ABNT. Não será permitido o aquecimento do aço da armadura para facilitar o dobramento.

A armadura de aço preparada para colocação será guardada de modo adequado, a fim de evitar o contato com o solo e lama, bem como deverá ser etiquetada, para permitir pronta identificação.

3.13.4 Colocação da Armadura

A armadura, antes de ser colocada em sua posição definitiva, deverá ser totalmente limpa, ficando isenta de terra, graxa, tinta, carepas e substâncias estranhas, que possam reduzir a aderência, e deverá ser mantida limpa até que esteja completamente embutida no concreto.

A armadura de aço deverá ser apoiada na posição definitiva, como indicado nos desenhos, e de maneira tal que suporte, sem deslocamentos, as operações de lançamento do concreto. Isso poderá ser obtido com o emprego de barras de aço, blocos pré-moldados de argamassa, ganchos de metal ou outros dispositivos aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 36/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

Não será permitida a colocação de armadura de aço em concreto fresco.

Não será permitido o reposicionamento das barras quando o concreto estiver no processo de endurecimento.

O cobrimento das barras deverá ser como especificado nas normas e desenhos de construção, dentro das tolerâncias determinadas pela FISCALIZAÇÃO. A menos que especificado de outro modo, o cobrimento mínimo não deverá ser inferior a 4,0 cm.

Nas juntas de construção, onde as barras podem permanecer expostas durante um longo período, as mesmas deverão ser protegidas contra corrosão.

3.13.5 Emendas nas Barras da Armadura

As emendas deverão ser executadas, rigorosamente, como indicado nos desenhos de projeto.

Não serão permitidas emendas por solda no local de colocação das barras.

Toda a solda estará conforme a Norma AWS 1.12.1 "*Recommended Practices for Welding Reinforcing Steel Metal Inserts and Connections in Reinforced Concrete Construction*".

As emendas por solda, caso existam, deverão suportar no mínimo 125% da tensão de escoamento das barras quando ensaiadas à tração. Qualquer outro tipo de emenda deverá igualar em resistência a uma emenda por caldeamento. Emendas tipo Cadweld, ou equivalente, deverão ser executadas de acordo com as instruções do fabricante.

O concreto não poderá ser lançado antes que a FISCALIZAÇÃO tenha inspecionado e aprovado a colocação da armadura.

4.0 EXECUÇÃO DOS FUROS E INSTALAÇÃO DAS BARRAS DE ANCORAGEM

Para a execução dos furos e instalação das barras de ancoragem a área compreendida por elas deverá ser drenada até 1,0m abaixo da cota de fundo das mesmas.

Os furos deverão ser executados por equipamento rotativo, roto-percussivo, percussivo ou a trado, conforme necessário ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Os furos deverão ter diâmetro de 15 cm.

Após a perfuração, o furo deverá ser limpo de maneira que não fique nenhuma obstrução interna que possa dificultar a inserção da barra de ancoragem e a injeção da argamassa.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 37/38	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0	

A instalação das barras de aço deverá ser feita com a utilização de espaçadores, de forma a garantir a sua equidistância das paredes do furo.

Para evitar a segregação da argamassa, a mesma deverá ser introduzida no furo através de uma mangueira, ou tubo de PVC, com diâmetro adequado, de forma a permitir o fluxo do material. O lançamento deverá ser feito a partir do fundo do furo, com alçamento gradativo da mangueira ou tubo até que o furo seja totalmente preenchido.

A introdução da argamassa poderá ser feita antes ou após o posicionamento da barra de aço, conforme conveniência executiva, tomando-se os devidos cuidados para garantir o adequado preenchimento do furo e cobrimento da barra.

Argamassa de cimento e areia, $f_{ck} \geq 20$ MPa, de baixa retração. Usar INTRAPLAST-N, da Sika ou equivalente.

No período entre o início da pega e o endurecimento do material de preenchimento (3 dias) não será permitido qualquer trabalho ou atividade que provoque qualquer esforço na barra e conseqüente dano ao material de preenchimento.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 38/38
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0

5.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO		
Razão social: DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA CNPJ: 07.214.006/0001-00	http: www.dfmais.eng.br	
<i>Belo Horizonte / MG - dfmais@dfmais.eng.br - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001</i>		

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação/Revisão do Documento
Iara Couto	IC	Concreto	Revisão do Documento
Gabriela Leite	GL	Concreto	Dimensionamento Estrutural/Elaboração do Documento



Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002
www.dfmais.eng.br

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 2/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

SUMÁRIO

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	OBJETIVO	3
3.0	ESCOPO E ABRANGÊNCIA DOS SERVIÇOS	3
4.0	DEFINIÇÕES	5
5.0	PREMISSAS	7
6.0	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	10
7.0	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS	11
8.0	LOCAÇÃO DAS OBRAS	14
9.0	SERVIÇOS PRELIMINARES	15
10.0	INTERFERÊNCIAS	17
11.0	ALTEAMENTO DO MACIÇO	20
12.0	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO COMPLEMENTAR	52
13.0	DISPOSIÇÃO DE REJEITOS	68
14.0	CANAL DE LAMAS	68
15.0	SISTEMA EXTRAVASOR	82
16.0	REVESTIMENTO VEGETAL	90
17.0	QUANTITATIVOS	92
18.0	MONITORAMENTO DA OBRA DURANTE A ELEVAÇÃO	92
19.0	GARANTIA DA QUALIDADE	92
20.0	EQUIPE TÉCNICA	99
21.0	ANEXOS	100
APÊNDICE A – METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DOS ENSAIOS DE CONTROLE DE CONSTRUÇÃO EM MATERIAIS DE GRANULOMETRIA GROSSA		100

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 3/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

1.0 INTRODUÇÃO

O presente documento, elaborado pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos, corresponde às Especificações Técnicas Construtivas de materiais e serviços para a elaboração do Projeto Detalhado de Alçamento da Barragem BR para a elevação 1.210 m, considerando a revisão na geometria do maciço com o intuito de mitigar o modo de falha de liquefação. A estrutura em questão está localizada no município de Tapira, Estado de Minas Gerais.

2.0 OBJETIVO

A presente especificação técnica objetiva conceituar, definir e especificar os procedimentos a serem cumpridos durante as obras de alçamento para a elevação 1210,0 m da Barragem BR.

Os serviços deverão ser executados de acordo com os Desenhos de Projeto, Normas Técnicas Brasileiras da ABNT, bem como as indicações presentes nesta especificação.

3.0 ESCOPO E ABRANGÊNCIA DOS SERVIÇOS

As obras de elevação da Barragem BR incluirão, de forma detalhada sem a eles se limitar, os seguintes serviços:

- Mobilização e desmobilização;
- Instalações provisórias;
- Locação das obras;
- Obra de Elevação:
 - Tratamento de Fundação (desmatamento, destocamento e limpeza);
 - Escavação, carga e transporte de solos;
 - Pilhas de estoque de materiais;
 - Proteção de superfícies expostas;
 - Aterro compactado;
 - Controle tecnológico dos materiais e de compactação;
 - Proteção vegetal do maciço da barragem;
 - Instalação de instrumentação de controle.
 - Adequação da instrumentação existente;
- Drenagem Superficial:
 - Tratamento de Fundação (desmatamento, destocamento e limpeza);
 - Escavação, carga e transporte de solos;
 - Pilhas de estoque de materiais;
 - Lançamento e espalhamento de materiais;
 - Execução de Canaletas de Berma em concreto;
 - Execução de Canais de cintura;
- Drenagem Interna:
 - Prolongamento da camada de enrocamento existente;

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 4/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- Prolongamento das camadas de transição existente;
- Execução de drenagem nas ombreiras, em areia até a elevação 1.185,0 m;
- Execução de transição, em areia, nas ombreiras, após a elevação 1.185,0 m;
- Execução do Sistema Extravasor:
 - Tratamento de Fundação (desmatamento, destocamento e limpeza);
 - Escavação, carga e transporte de solos;
 - Pilhas de estoque de materiais;
 - Proteção de superfícies expostas;
 - Proteção em enrocamento.
 - Execução de galeria em Concreto;
 - Execução de trecho em degraus do canal extravasor em Concreto;
- Monitoramento complementar:
 - Instalação do plano de monitoramento complementar.
- Interferências:
 - Remoção dos medidores de vazão existente;
 - Remoção de canaletas de drenagem;
 - Deslocamento do sistema de vídeo monitoramento existente;
 - Deslocamento da rede elétrica existente;
 - Remoção do solo mole existente a jusante da barragem;
 - Obstrução do sistema extravasor atual no alinhamento do maciço projetado;
 - Demolição dos marcos superficiais existentes;
 - Remoção da ensecadeira existente a jusante;
 - Compatibilização de bases topográficas;
 - Deslocamento da balsa para captação de água existente;
 - Adequação da Microssísmica, da torre de transmissão de sinal e inclinômetro, a serem implantados no corrente ano, ao projeto executivo em questão.
- Revestimento Vegetal;
- Manutenção da Praia;
- Plano de Disposição de Rejeitos;
- Canal de Lamas;
 - Tratamento de Fundação (desmatamento, destocamento e limpeza);
 - Escavação, carga e transporte de solos;
 - Aterro compactado;
 - Execução do Bueiro e bacia em enrocamento do canal de lamas.
- Sequência Construtiva;
- Planilha de Quantitativos;

É importante ressaltar que durante as atividades da obra, a CONTRATADA deverá manter o nível de água do reservatório a uma distância mínima de 120 m da crista da barragem. Além disso, a deverá dispor de sistema de bombeamento eficiente para garantir que o material de fundação se mantenha não saturado na região próxima ao pé da estrutura.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 5/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

4.0 DEFINIÇÕES

Para efeito destas especificações técnicas, serão estabelecidas algumas definições.

CONTRATANTE

MOSAIC Fertilizantes, proprietária da obra, entidade para a qual serão executados os serviços descritos neste documento.

EQUIPE TÉCNICA

Técnicos da MOSAIC Fertilizantes envolvidos na implantação do projeto e no acompanhamento das obras junto à FISCALIZAÇÃO.

FISCALIZAÇÃO

Empresa e/ou consultores a serem contratados pela CONTRATANTE para execução do controle da qualidade da obra (garantia de qualidade) e medições dos serviços descritos nestas especificações.

CONTRATADA

Empresa especializada em construções de barragens contratada pela CONTRATANTE para a execução dos serviços descritos neste documento.

PROJETISTA

Empresa que desenvolveu o projeto e que, portanto, é a responsável técnica (RT) pelo mesmo. Deve receber, analisar e se posicionar junto à CONTRATANTE e/ou CONTRATADA quanto a dúvidas, desvios e solicitações de alterações e melhorias no projeto.

ATO – ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OBRA

Empresa ou profissional especializado em obras de barragens contratada pela CONTRATANTE para o acompanhamento técnico da execução dos serviços, de modo a garantir aderência entre projetado e implantado. Responsável pelo encaminhamento de solicitações de alterações de projeto, coleta ou armazenamento de registros da construção, relato de não conformidades e demais atividades imprescindíveis à garantia de segurança da obra.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ESCAVAÇÕES

Estão compreendidas dentro desta classificação as escavações realizadas em solos argilosos, arenosos e saprolíticos, pedregulhos, cascalhos, seixos, blocos de laterita, fragmentos de rocha de até 1 m³ de volume e materiais similares de qualquer espessura, dispostos em áreas, contínuas ou descontínuas, entremeadas ou não por afloramentos de rocha, com ou sem matéria orgânica e raízes.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 6/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

Ressalta-se que o topo rochoso corresponde ao limite inferior do material escavável com lâmina de trator CAT-D6 ou similar e classificado como escavação comum.

De acordo com os locais de execução, com as dimensões e com os equipamentos empregados, as escavações comuns serão classificadas conforme descrito a seguir.

4.1.1 Escavações em Solo Coluvionares, Residuais e Saprolíticos

Enquadram-se nesta classificação as escavações realizadas em solos coluvionares, residuais e saprolíticos da escavação obrigatória e em eventuais áreas de empréstimo, com equipamentos convencionais de terraplenagem, incluindo aquelas necessárias à obtenção de materiais para a execução das obras de terra.

Estas escavações serão executadas dentro das áreas indicadas para exploração nos documentos de licitação e em outras áreas, conforme orientação da MOSAIC. A exploração em locais de implantação de obras permanentes ou provisórias, somente será executada após a aprovação da MOSAIC e dentro dos limites estabelecidos pelos desenhos aprovados para construção.

A escavação e o estoque provisório dos materiais serão feitos segundo o planejamento da CONTRATADA, e deverão ser aprovadas pela MOSAIC, sem que tal aprovação signifique que todo o material escavado seja adequado à construção dos aterros. A MOSAIC liberará, nas áreas de escavação e de estoque, os materiais adequados para emprego nos aterros previstos.

A camada de solo orgânico (espessura da ordem de 30 cm) deverá ser removida e estocada para eventual utilização posterior em recuperação de áreas escavadas, ou conforme definido pela MOSAIC.

O material que, pelas suas características e a critério da MOSAIC e do ATO, for considerado inadequado para utilização na execução das obras de terra e aterros, será lançado em áreas de bota-fora.

Quando for possível, os materiais escavados deverão ser transportados para os locais de aplicação em condição de uso imediato. Caso contrário, deverão ser adequadamente estocados, para uso futuro ou lançados em áreas de bota-fora.

Durante sua utilização as superfícies de escavação, bem como os caminhos de serviço, deverão ser mantidas em condições que garantam a trafegabilidade dos equipamentos.

4.1.2 Escavação, Carga e Transporte de Material de 2ª Categoria

Nesta especificação estão incluídas as operações de escavação, carga, transporte e estocagem de solos de material de 2ª categoria previsto na escavação do fundo do

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 7/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

reservatório e em zonas superficiais de exploração da jazida. Estes materiais correspondem àqueles com resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha não alterada, cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização de equipamento de escarificação, podendo eventualmente envolver o uso de explosivos ou processos manuais adequados. Incluem-se nesta classificação materiais com ocorrência de blocos de rocha de volume inferior a 2,00 m³.

O material de 2ª categoria destina-se à formação de estoque na área da própria jazida e serão transportados e estocados em local próximo a ser definido pela FISCALIZAÇÃO.

A superfície resultante após a escavação de 2ª categoria, deverá receber uma camada argilosa de 0,20m necessária a regularização de fundo. Este serviço será considerado no item 3.8.1.

4.1.3 Escavação, Carga e Transporte de Material de 3ª Categoria

Nesta ET estão incluídas as operações de escavação, carga de material de 3ª categoria eventualmente presentes nas escavações (blocos residuais), que deverão ser destinados a bota-fora. Esta categoria de materiais corresponde àqueles com resistência ao desmonte mecânico, equivalente ao da rocha não alterada e blocos de rocha com volume igual ou superior à 2,00 m³.

O serviço de desmonte de rocha, deverá obedecer a norma DNIT ES 290/97. É proibido o uso de fogo para desmonte deste material, face à proximidade com o maciço da Barragem BR.

5.0 PREMISSAS

- As premissas e os critérios que foram adotados para o desenvolvimento deste projeto encontram-se detalhados no documento DF19-258-1-EG-RTE-0001;
- Além dos critérios e premissas acordados no documento citado acima, o Fator de Segurança (FS) mínimo, considerando a condição de estabilidade mobilizando a resistência ao cisalhamento liquefeita, deverá, em todas as seções instrumentados, o valor deve ser igual ou superior a 1,25.

5.1 LEGISLAÇÃO VIGENTE

Onde forem aplicáveis e não estiverem conflitantes com a presente especificação, deverão ser obedecidos os requisitos da seguinte coletânea de normas, em suas últimas versões atualizadas, mesmo que em suas menções nos textos sejam citadas versões eventualmente desatualizadas e/ou obsoletas:

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 8/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

Resolução Nº 32, de 11 de maio de 2020 – ANM Altera a Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017 e dá outras providências.

NBR 13.028/2017 Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água – Requisitos.

Lei Estadual (MG) Nº 23.291 de 25 de fevereiro de 2019 Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens.

Resolução ANM Nº 13 de 8 de agosto de 2019 Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado “a montante” ou por método declarado como desconhecido.

Portaria ANM Nº 70.389 de 17 de maio de 2017 Mineração – Criação do cadastro de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração.

No caso da CONTRATADA se apoiar em normas e/ou especificações diferentes das acima mencionadas e que sejam universalmente aceitas, as mesmas deverão ser claramente citadas e a sua aceitação ficará a critério da CONTRATANTE.

Na eventual necessidade de serem executados serviços não especificados, a CONTRATADA somente poderá realizá-los após aprovação da especificação correspondente pela CONTRATANTE.

5.2 CRITÉRIOS

A CONTRATADA deverá adaptar-se às condições existentes no local de execução dos serviços: as unidades operacionais do Complexo de Mineração de Tapira – CMT de propriedade da MOSAIC Fertilizantes P & K, localizado no município de Tapira, Estado de Minas Gerais.

A CONTRATADA é obrigada a informar, por escrito e em tempo hábil, à CONTRATANTE, e aguardar a decisão também por escrito, sempre que julgar que as instruções dadas pela FISCALIZAÇÃO impossibilitem ou coloquem em dúvida o cumprimento das normas a serem observadas por ela, a sua obrigação de garantia ou o cumprimento dos prazos e custos definidos.

No manuseio de seus equipamentos, a CONTRATADA deverá observar as disposições vigentes na legislação, as normas gerais e especiais de proteção no trabalho e prevenção contra acidentes, as demais disposições legais, bem como as recomendações para a

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 9/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

segurança, higiene e proteção, baixadas pelo Ministério do Trabalho, Área de Segurança da CONTRATANTE, CIPA e outros órgãos afins.

Se a CONTRATANTE, sua FISCALIZAÇÃO ou outras entidades competentes verificarem quaisquer infrações contra essas normas, a CONTRATADA deverá saná-las por sua conta, nas condições prescritas, pela Norma respectiva.

A Área de Segurança da CONTRATANTE paralisará qualquer serviço da CONTRATADA quando esta incorrer em situações que comprometam a vida ou a integridade física de seus funcionários, de funcionários da CONTRATANTE e/ou de terceiros.

Para a execução dos serviços, a CONTRATADA deverá apresentar e fixar em local visível a ART – Anotação de Responsabilidade Técnica.

Os quantitativos apresentados no presente documento poderão, ou não, ser realizados em sua totalidade. Somente o quantitativo efetivamente executado será medido, não cabendo à CONTRATADA, quaisquer questionamentos.

Os serviços técnicos somente deverão ser iniciados após a mobilização e aprovação da CONTRATANTE para realizar qualquer item da planilha de quantidades.

Os itens de medição serão definidos considerando a natureza dos serviços. Possíveis retrabalhos, sob responsabilidade da CONTRATADA, serão sem ônus para CONTRATANTE e alvo de retenção de pagamento até a regularização destes.

Atividades não realizadas dentro do período de validade da Ordem de Serviços (OS), por motivos imputados somente à CONTRATADA, poderão ser alvo de multa por atraso. No caso de erros de execução por parte da CONTRATADA, a mesma será responsável por arcar com todos os custos gerados.

5.3 PADRÕES E NORMAS

Onde forem aplicáveis e não estiverem conflitantes com a presente especificação, deverão ser obedecidos os requisitos das seguintes normas, em suas últimas versões, atualizadas, mesmo que em suas menções nos textos sejam citadas versões eventualmente desatualizadas e/ou obsoletas:

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- AWWA - American Water Works Association;
- ASTM - American Society for Testing and Materials;
- ISO - International Organization for Standardization.

Deverão ser atendidas as restrições ambientais de todos os órgãos reguladores.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 10/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

No caso da CONTRATADA se apoiar em Normas e/ou especificações diferentes das mencionadas e que sejam universalmente aceitas, as mesmas deverão ser claramente citadas e a sua aceitação ficará a critério da CONTRATANTE, da FISCALIZAÇÃO e da PROJETISTA.

Na eventual necessidade de serem executados serviços não especificados, a CONTRATADA somente poderá realizá-los após aprovação da especificação correspondente pela CONTRATANTE, FISCALIZAÇÃO e pela PROJETISTA.

6.0 MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO

6.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

A CONTRATADA deverá iniciar sua mobilização imediatamente após a emissão da Ordem de Serviços (OS) pela CONTRATANTE e concluir os trabalhos dentro dos prazos propostos por ela, de acordo com as datas-marco estabelecidas.

A mobilização deverá incluir:

- Transporte dos equipamentos, maquinários e materiais da CONTRATADA de seus pontos de origem ao local da obra, no Município de Tapira, Minas Gerais;
- Contratação ou deslocamento de mão de obra já contratada para o local da obra;
- Treinamento da mão de obra;
- Acomodação da mão de obra em alojamento, se necessário;
- Montagem de rede elétrica e adutora para fornecimento de energia elétrica e água à obra;
- Montagem do canteiro de obras, contemplando escritórios, banheiros, refeitório, oficina, almoxarifado, laboratório de controle tecnológico e demais infraestrutura necessária ao bom andamento da obra, sendo que este deverá atender todas as diretrizes das legislações vigentes;
- Montagem do ponto de abastecimento de pipa;
- Abertura de acessos ao canteiro e local da obra.

Fica a CONTRATADA proibida de instalar o canteiro de obra nas ZAS das barragens existentes na região, conforme exposto na Resolução Nº 13 da ANM.

A CONTRATADA deverá apresentar em sua proposta, uma lista completa, juntamente com o respectivo cronograma de mobilização, de todo o equipamento, maquinário, materiais e pessoal a serem empregados durante o cumprimento do contrato, em perfeita concordância com o plano de trabalho por ela proposto, incluindo aparelhos de laboratório para controle de qualidade da obra.

Após o término da execução das obras e serviços, a CONTRATADA deverá efetuar a sua desmobilização, compreendendo, se aprovado pela CONTRATANTE, a remoção de

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 11/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

instalações e construções do canteiro de obras, a desmontagem de redes elétricas e adutoras e a recuperação das áreas nas quais houve supressão de vegetação para implantação de suas instalações e dos caminhos de serviço, dentre outros.

A recuperação das áreas referidas no parágrafo anterior deverá compreender a reconformação topográfica, drenagem superficial, recobrimento e preparo da superfície com solo vegetal e o replantio de vegetação.

Os caminhos de serviço implantados pela CONTRATADA e definidos pela CONTRATANTE como acessos definitivos deverão ser deixados em boas condições de trafegabilidade.

É de responsabilidade da CONTRATADA todo o fornecimento, operação e manutenção do sistema de bombeamento e de outros dispositivos necessários para realizar o esgotamento adequado e manter secas as diversas áreas de construção das Obras Civis, incluindo bombas, calhas, condutos e tubos de drenagem.

6.2 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O pagamento dos serviços será feito a preço contratual global para mobilização e desmobilização, conforme planilha de preços. Esta verba remunera integralmente os custos envolvidos nas atividades e providências constantes deste item.

Esta verba será medida e paga de acordo com o proposto pela CONTRATANTE.

7.0 INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS

7.1 IMPLANTAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS / LABORATÓRIO DE SOLOS

Na área colocada à sua disposição pela CONTRATANTE, a CONTRATADA deverá construir reformar ou adequar as instalações existentes para que sejam por ela utilizadas como escritórios, laboratório de controle tecnológico e demais instalações necessárias ao bom andamento das obras. O “*layout*” do canteiro de obras deverá ser aprovado pela CONTRATANTE antes do início de sua implantação.

A construção das unidades físicas, incluindo laboratório de solos e concretos para a realização de ensaios geotécnicos e de controle tecnológico do concreto, deverão ser compatíveis com as necessidades da obra, considerando o prazo de execução e características físicas de seus componentes, a serem definidos pela CONTRATADA e aprovados pela CONTRATANTE.

Todas as operações de destocamento e limpeza, remoção e estocagem de solo vegetal, cargas e transportes de solos, lançamentos, espalhamentos e compactação de solos, e recargas e transportes de solos estocados envolvidos na implantação do canteiro de obras e laboratório de solos, bem como na recuperação das áreas quando de sua desmobilização, serão de total responsabilidade da CONTRATADA, sem nenhum ônus adicional para a CONTRATANTE, além dos valores previstos pela CONTRATADA em sua proposta.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 12/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

No projeto de instalação do canteiro de obras/laboratório de solos, a CONTRATADA deverá observar a prescrição das Normas Técnicas com relação ao número mínimo de banheiros, chuveiros, vestiários etc.

Todas as áreas utilizadas pela CONTRATADA, situadas fora da área do reservatório, deverão ser recuperadas e revegetadas após o término de suas atividades na obra, de acordo com as exigências da legislação ambiental e dos documentos de contratação.

Os taludes de escavação e aterro que se mostrarem instáveis, localizados em áreas de empréstimo ou em escavações provisórias, deverão ser abatidos e regularizados, de modo a garantir a sua estabilidade. Todos os taludes serão protegidos contra a erosão.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 13/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

7.2 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS / LABORATÓRIO DE SOLOS

Serão de exclusiva responsabilidade da CONTRATADA, todos os serviços de operação e manutenção do canteiro de obras/laboratório de solos.

A CONTRATANTE poderá suspender os pagamentos referentes a este item se houver atraso nos prazos de construção e/ou mobilização constantes do cronograma de construção apresentado pela CONTRATADA em sua proposta.

No final dos serviços, a CONTRATADA deverá remover todas as suas instalações e recuperar a área através de drenagem e revegetação, conforme determinado pela CONTRATANTE.

Será de exclusiva responsabilidade da CONTRATADA o fornecimento provisório de energia elétrica ao canteiro de obras e acampamento durante a sua implantação, através de grupos geradores ou por outros meios, assim como o fornecimento definitivo de energia elétrica ao canteiro durante a execução das Obras Civis.

7.3 IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS CAMINHOS DE SERVIÇOS

Os caminhos de serviço deverão ser implantados com geometria (raios, rampas, largura etc.) compatível com os equipamentos e planejamento da construção propostos pela CONTRATADA, incluindo atividades de supressão vegetal, escavação, transporte e aterro.

Os leitos dos caminhos deverão ter revestimento primário, devendo a CONTRATADA implantar um sistema de drenagem, a ser aprovado pela CONTRATANTE, para evitar erosões decorrentes da abertura dos caminhos.

7.4 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

7.4.1 Implantação do Canteiro de Obras / Laboratório de Solos e Concreto

Estes serviços serão pagos a preço global contratual para implantação do canteiro de obras/laboratório de solos e concreto, ofertado na planilha de preços. Esta verba remunera, integralmente, os custos envolvidos nas operações de supressão vegetal; destocamento e limpeza; remoção e estocagem de solo vegetal; carga e transporte de solos; compactação de solos; fornecimento de materiais; implantação e construção de edificações; fornecimento de materiais e implantação das demais instalações e infraestrutura, incluindo laboratório para ensaios geotécnicos e de concretos, e tudo o mais necessário à perfeita consecução do canteiro de obras/laboratório de solos e concreto, inclusive a remoção futura de instalações e reintegração da área utilizada ao meio ambiente.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 14/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

7.4.2 Operação e Manutenção do Canteiro de Obras / Laboratório de Solos

Estes serviços serão pagos através de verba mensal contratual, conforme ofertado na planilha de preços. Esta verba remunera, integralmente, todos os serviços de mão de obra, materiais permanentes e de consumo, equipamentos e tudo o mais necessário para a perfeita operação e manutenção do canteiro de obras.

7.4.3 Implantação e Manutenção dos Caminhos de Serviços

Estes serviços não serão passíveis de medição e pagamento, devendo os custos a eles relativos serem embutidos no custo total da obra.

A CONTRATADA deverá prever e adicionar, em seus custos unitários, a realização destes serviços.

8.0 **LOCAÇÃO DAS OBRAS**

Deverá ser prevista pela CONTRATADA a utilização de equipe de topografia, com mão de obra capacitada e equipamentos topográficos adequados, para locação e apoio à obra. Esta equipe deverá dar apoio aos serviços de marcação de “offsets”, locação da elevação, escavações, aterros, locação de estruturas e/ou vias de acesso, medição de materiais de empréstimo e o levantamento como construído (“as built”).

A CONTRATANTE fornecerá somente os elementos topográficos básicos para a implantação da obra (marcos de referência com Datum e altimetria validada, referenciados no sistema CÓRREGO ALEGRE, fuso 23S, Zona K), sendo todos os serviços de topografia, incluindo o fornecimento e construção de todas as estacas, gabaritos, plataformas, equipamentos, materiais, mão de obra etc., necessários à perfeita locação e nivelamento das obras, de inteira responsabilidade da CONTRATADA. A mesma ainda fica obrigada a conservar os marcos de referência nas condições que lhe foram apresentados/disponibilizados.

A CONTRATADA é a responsável exclusiva pela boa locação da obra.

Deverá ser prevista, pela CONTRATADA, a utilização de equipamentos topográficos adequados para a locação e apoio da obra. A locação deverá partir de um marco conhecido indicado pela CONTRATANTE, referenciado no Datum CÓRREGO ALEGRE – Fuso 23S, Zona K.

Estes equipamentos serão utilizados para dar apoio aos serviços de demarcação, escavações, aterros, locação das estruturas e demais serviços, a critério da CONTRATANTE. Não será permitida a locação das obras sem o auxílio de aparelhos adequados.

Os equipamentos deverão estar disponíveis e em perfeito estado de funcionamento, de modo a permitir pronto atendimento a qualquer solicitação da CONTRATANTE. Estes equipamentos deverão ser submetidos à aprovação da CONTRATANTE, que se reserva ao direito de aceitá-los ou não.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 15/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

A CONTRATADA deverá verificar todas as cotas do projeto, comparando-as com as medidas do terreno.

Os serviços topográficos deverão ser executados em perfeita observância às indicações dos desenhos de projeto e desta especificação, utilizando-se aparelhos de comprovada exatidão e profissionais devidamente habilitados.

Todos os defeitos, erros, danos, falhas e quaisquer outras irregularidades ocorridas com serviços executados em desacordo com as indicações do projeto, terão as suas demolições e reconstruções executadas à custa da CONTRATADA.

8.1 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços topográficos, bem como as respectivas alocações dos equipamentos de medição e controle de qualidade e/ou quantidade da obra, não serão objetos de pagamento em separado.

A CONTRATADA deverá prever e adicionar, em seus custos unitários, a utilização da equipe de topografia.

9.0 SERVIÇOS PRELIMINARES

Os serviços devem ser iniciados com implantação de ensecadeira a jusante da barragem. Cabe destacar que o projeto da mesma não fez parte do escopo deste projeto, no entanto as obras descritas nesta especificação não devem ser iniciadas, sem que a mesma seja executada.

As atividades de desmatamento, destocamento, limpeza e as operações de escavação, carga, transporte, descarga e estocagem realizadas nas áreas demarcadas em projeto serão executadas de acordo com as definições a seguir, obedecendo às dimensões e aos alinhamentos indicados nos documentos do projeto.

- Supressão Vegetal
 - Compreende a remoção da vegetação, com corte de árvores até 30 cm acima do nível do terreno e o enleiramento/empilhamento da massa vegetal resultante;
 - Os serviços de desmatamento serão executados nas áreas de bota fora, projeção da elevação, sistema extravasor, acessos e outras indicadas no projeto;
 - Transporte da massa vegetal resultante, considerando DMT de até 4,0 km.
- Destocamento

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 16/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- Compreende o destocamento (remoção de tocos e raízes) e o enleiramento/empilhamento da massa vegetal resultante;
 - Os serviços de destocamento serão executados nas áreas de projeção do projeto de elevação e de estocagem, sistema extravasor, acessos e outras indicadas no projeto;
 - Transporte da massa vegetal resultante, considerando DMT de até 4,0 km.
- Limpeza
 - Compreende a remoção de todo material de origem vegetal, inclusive com uma raspagem de 0,30 m de profundidade, de forma que a superfície resultante se apresente completamente livre de qualquer detrito, inclusive solos orgânicos;
 - Os serviços de limpeza serão executados nas áreas de projeção da elevação da barragem, do sistema extravasor, nas jazidas de materiais naturais de construção e em outros locais indicados no projeto;
 - Transporte da massa vegetal e solo resultante, considerando DMT de até 4,0 km.
 - Carga
 - A operação de carga deverá ser efetuada de forma ordenada visando a manutenção de taludes temporários remanescentes estáveis e evitar carregamento de material. No caso de ocorrência simultânea de carga e transporte de materiais estocados e de lançamento de material escavado na formação da pilha, estas operações deverão ocorrer em setores distintos da pilha, previamente acordados com a FISCALIZAÇÃO, de modo a não mascarar as operações de MEDIÇÃO do serviço.

Uma vez que a área de abrangência do alteamento da barragem deve estar drenada, eventualmente poderá ser necessário utilizar algum sistema de bombeamento para atingir tal condição, não devendo o alteamento ser iniciado sem que haja comprovação da mesma.

Notas:

- 1) A CONTRATADA deverá tomar todas as providências necessárias à preservação da paisagem natural e orientar seu serviço de modo a não desfigurar o meio ambiente;
- 2) Em nenhuma hipótese será permitido o uso de agrotóxicos para a execução dos serviços, nem o lançamento, nos cursos d'água e drenagens naturais, de galhos, troncos e outros materiais provenientes das operações aqui descritas;
- 3) Da mesma forma, em nenhuma hipótese será permitida a queima da massa vegetal resultante do desmatamento.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 17/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

10.0 INTERFERÊNCIAS

10.1 MEDIDORES DE VAZÃO EXISTENTE

Atualmente há dois medidores de vazão existentes no pé da barragem (Ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138). Estes medidores devem ser removidos, quando da execução do reforço.

10.2 CANALETAS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

Foi identificada canaleta ou tubulação de drenagem superficial na ombreira esquerda juntamente ao alinhamento do acesso. Estas deverão ser demolidas e removidas antes do início das obras de alteamento (Ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0068).

10.3 SISTEMA DE VÍDEO MONITORAMENTO

Foi identificado a jusante da barragem BR o sistema de vídeo monitoramento. Recomenda-se o deslocamento deste sistema para outro local, de forma a não atrapalhar o andamento das obras de alteamento, nem mesmo a danificá-lo.

10.4 REDE ELÉTRICA

Foi identificado à jusante da Barragem BR, rede elétrica que pode atrapalhar as obras de alteamento. Este sistema deve ser deslocado antes do início das obras do alteamento.

10.5 SOLO MOLE - COLÚVIO

Na campanha de sondagem realizada em 2020 para a execução deste projeto, foi identificado solo mole a jusante da barragem nas sondagens SM01, SM02 e SM03. Na planta de tratamento de fundação (DF19-263-1-EG-DWG-0061) estão identificadas as seções com remoção deste material. Todo solo mole a jusante da barragem deve ser removido, como indicado na planta de escavação, devendo a fundação estar assente sobre solo residual de competência garantida.

10.6 SISTEMA EXTRAVASOR ATUAL

O extravasor atual deve ser desativado e no alinhamento do projeto para elevação 1.210,0 m, deve ser obstruído mediante um núcleo de aterro de solo compactado.

Antes, porém, será necessária a execução da limpeza de fundação, em que foi prevista a retirada de 30 cm de material sob a área de projeto do aterro compactado. Tal espessura deverá ser confirmada em campo pela fiscalização, com o intuito de se certificar quanto à competência do material de fundação.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 18/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

10.7 MARCOS SUPERFICIAIS EXISTENTES

Os marcos superficiais existentes em concreto devem ser demolidos e removidos antes do início do alteamento.

10.8 ENSECADEIRA A JUSANTE DA BARRAGEM

A poucos metros à jusante do pé atual da Barragem BR encontra-se uma ensecadeira que foi construída com o intuito de permitir a execução do reforço da estrutura projetado pela Walm Engenharia, em 2019. Esta foi uma medida necessária pois o reservatório da Barragem BD5, existente à jusante, afogava o pé da Barragem BR. Desde então, o fluxo oriundo da drenagem interna da BR é bombeado para a jusante da ensecadeira, no reservatório da BD5.

Com o advento do projeto de alteamento da BR para a El. 1210m, no entanto, esta ensecadeira deverá ser removida, para permitir o fluxo livre da drenagem interna considerando o cenário futuro.

Para tanto, será necessário construir outra ensecadeira à jusante, com o intuito de possibilitar a construção do prolongamento do dreno de pé e o alteamento, posteriormente.

O projeto desta nova ensecadeira não foi escopo deste projeto em tela, tendo em vista que uma estrutura desta natureza foi contemplada no projeto executivo WBH122-17-MOSC077-RTE-0003, elaborado pela Walm Engenharia em 2020 e disponibilizado à DF+ pela MOSAIC.

Neste projeto da Walm, que apresenta a ensecadeira posicionada a cerca de 400 m à jusante da Barragem BR, consta inclusive um canal cujo emboque é próximo à saída da drenagem do pé da BR e termina junto à ensecadeira proposta. No entanto, observou-se que a elevação do seu emboque é superior à elevação da saída da drenagem da BR. A Figura 10.1 apresenta a planta com a ensecadeira e o canal projetados.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 19/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

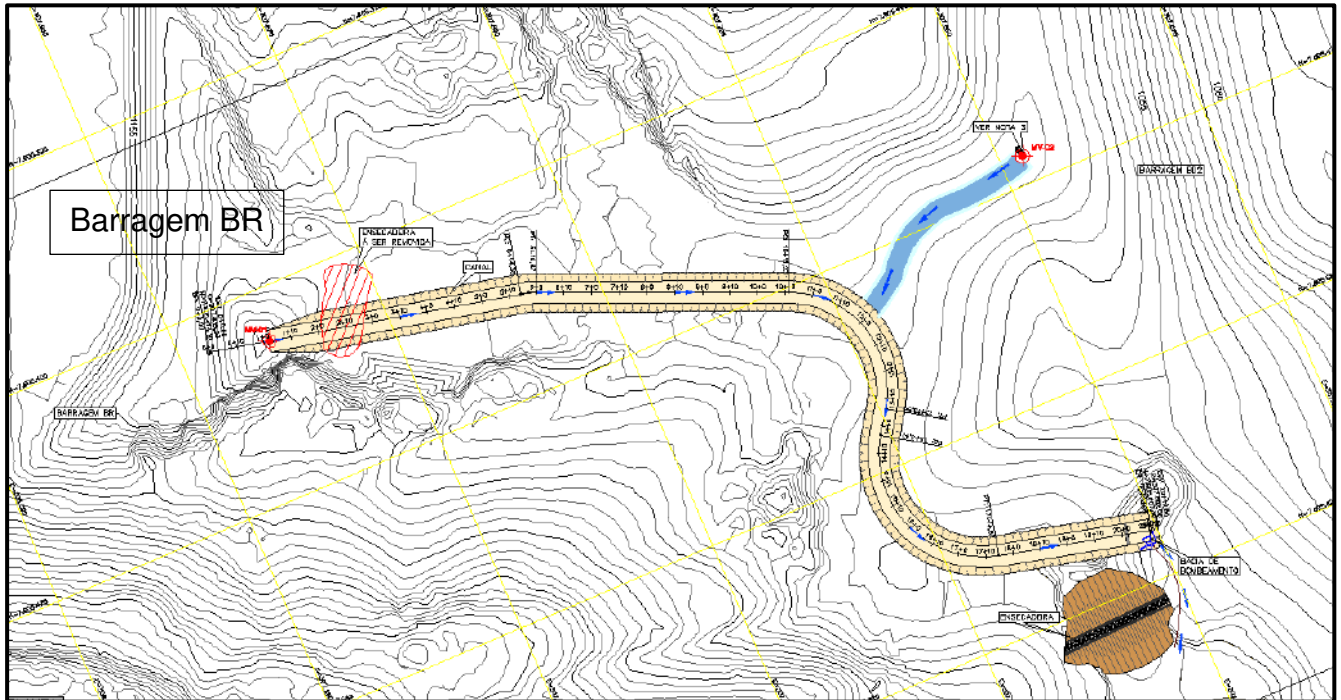


Figura 10.1 – Ensecadeira e canal projetado pela Walm em 2020 (WBH122-17-MOSC077-DES-0018)

Neste sentido, para não comprometer o funcionamento da drenagem interna, a DF+ recomenda a revisão do projeto da Walm, realizando a sua compatibilização com o projeto de alteamento em epígrafe.

É importante também destacar que a ensecadeira proposta deverá ser mantida, enquanto não existirem ações para o rebaixamento efetivo do reservatório da BD5 à jusante e que, além disso, o bombeamento à montante seja contínuo de modo a não afogar o pé da BR. Diante deste cenário, portanto, a DF+ recomenda que as ações para o rebaixamento do reservatório da BD5 sejam priorizadas pela MOSAIC nos próximos meses com vistas a garantir a segurança hidrogeológica de todo o sistema.

10.9 BASE TOPOGRÁFICA – COMPATIBILIZAÇÃO

A base topográfica utilizada é composta por levantamentos topográficos disponibilizados pela MOSAIC através dos arquivos:

- A. “Topobatimetria Barragem BR Lago 1 – Agosto 2019.dwg”: Levantamento Topobatimétrico – CCC Topografia – Ago/2019;
- B. “Topobatimetria BR Lago 3 – Agosto 2019.dwg”: Levantamento Topobatimétrico – CCC Topografia – Mar/2019;
- C. “curvas_de_nível_cmt.shp”: Base topográfica disponibilizada pela MOSAIC em outubro/2016 para o estudo de ruptura hipotética, realizado pela VOG (Relatório de número VG17-092-1-EG-RTE-0024).

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 20/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

- D. “LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO – MACIÇO BARRAGEM BR – CMT.dwg”: Levantamento disponibilizado em abril/2020.

A topografia citada na nota C foi deslocada em 32,11 m (E) e 13,44 m (N) para melhor se ajustar aos levantamentos citados nas notas A e B.

Quando da execução das obras, as quantidades de escavação e aterro poderão divergir em função da utilização destas bases. Com isso, a equipe de fiscalização poderá fazer ajustes advindos dos erros que poderão acarretar dessa junção.

A fundação da barragem, em hipótese alguma deverá ser apoiada em aterro já existente. Caso seja encontrado este material, a fiscalização deverá ser informada, cabendo a mesma indicar a remoção do aterro.

11.0 ALTEAMENTO DO MACIÇO

11.1 ASPECTOS DE CONTROLE DURANTE A OBRA

Fazem parte desta etapa as seguintes atividades:

- Construção dos acessos de obra e definitivos de manutenção;
- Supressão Vegetal, Destocamento e Limpeza da região a ser implantada o alteamento;
- Tratamento de fundação;
- Prolongamento da drenagem interna;
- Lançamento e espalhamento das camadas de transição;
- Lançamento e compactação do rejeito em magnetita;
- Lançamento e compactação do maciço do aterro de solo compactado na região do extravasor existente;
- Execução da drenagem interna do maciço de solo compactado;
- Execução de drenagem superficial;
- Instalação da instrumentação complementar e alteamento/modificação dos instrumentos existentes;

É importante ressaltar que durante as atividades de obra, a barragem deverá ser monitorada diariamente, a partir dos níveis de controle da instrumentação. Caso ocorra qualquer alteração significativa, fora dos padrões de sazonalidade já observados historicamente, a obra deve ser paralisada e a PROJETISTA comunicada.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 21/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

11.2 DESATIVAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO EXISTENTE

Os piezômetros (PZ's) e indicadores de nível de água (INA's), assim como os marcos instalados no maciço da barragem deverão ser desativados conforme plano de instrumentação (DF19-263-1-EG-DWG-0138), a medida que a obra de elevação avança, ou seja, a medida que o aterro atinja a cota do instrumento. Foi previsto a desativação do INA-101 e do PZ-101, além dos marcos superficiais MS-04 a MS-11.

- A desativação dos INA's deverá seguir a seguinte sequência executiva:
 - Lançar areia grossa do fundo até 1 m acima do colchão drenante ou dreno de ombreira;
 - Lançar calda de cimento ou bentonítica misturada com solo no trecho restante.
- Para os demais instrumentos deverá ser lançado calda de cimento ou bentonítica misturada com solo.

Os marcos superficiais (MS) deverão ser removidos com o emprego de escavadeiras ou retroescavadeiras durante o serviço de remoção da camada de proteção superficial dos taludes de jusante da barragem.

O medidor de vazão (MV), se existente, também deverá ser demolido, sendo esta atividade contemplada no item 9 referente à demolição das estruturas de concreto.

A instalação de novos instrumentos deverá seguir as orientações constantes no item 12.0.

11.3 ESCAVAÇÕES, CARGA, ESTOCAGEM E TRANSPORTE DE MATERIAIS

Este item estabelece as diretrizes gerais para a execução das atividades de escavação, carga e transporte de solos relacionadas ao alteamento da Barragem BR, incluindo tratamento de fundação, obtenção de materiais de construção (área de empréstimo) e serviços de infraestrutura para a realização das obras – abertura de acessos, implantação de canteiros de obras e outros.

A seguir são apresentadas as definições dos tipos de escavações previstas:

- Escavação Comum
 - Consiste na escavação de materiais terrosos em geral, incluindo solos argilosos e arenosos com ou sem cascalho, fragmentos soltos ou blocos de rocha que possuam volume igual ou menor que 1 m³ e qualquer outro material que possa ser escavado sem a necessidade do uso de explosivos ou do emprego de tratores tipo CAT D6 ou similar munidos de escarificadores hidráulicos;
 - A classificação deste material será efetuada, quando já não especificada no projeto pela PROJETISTA (projeto ou plano de exploração de áreas de

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 22/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

empréstimo), pela FISCALIZAÇÃO e EQUIPE TÉCNICA, sendo considerados os argumentos da CONTRATADA. Na classificação não será feita distinção entre materiais secos, úmidos, alagados, duros ou moles, fofos ou compactos.

- Escavação por Escarificação
 - Compreende a remoção de rocha decomposta, que exige a utilização de tratores de esteira tipo CAT D6 ou similar, equipados com escarificadores hidráulicos;
 - Inclui-se, nesta classificação, a remoção de matacões com diâmetro acima de 1,00 m, que não exija o emprego sistemático de explosivos e utilização de equipamento completo de perfuração;
- Escavação Confinada
 - Consiste na escavação e remoção de blocos rochosos, areia, solo ou materiais decompostos oriundos de fendas, falhas e cavidades, dentro ou além do alinhamento da escavação, quando o emprego de ferramentas e métodos manuais for necessário;
- Em Trincheiras ou Valas
 - Consiste em escavações comuns caracterizadas em projeto como trincheiras ou valas, realizadas com equipamentos tipo retroescavadeira, dragline ou clamshell, em locais onde a largura da escavação for inferior a 3,5 m.

A CONTRATADA deverá elaborar um plano de escavação e submeter à FISCALIZAÇÃO, para sua liberação e posterior início das atividades. O plano de escavação deverá indicar as estradas de serviço, frentes de trabalho, cronograma detalhado de execução, produções mensais previstas, áreas de bota fora ou estoque, relação de equipamentos e os métodos a serem utilizados.

A CONTRATADA deverá executar todas as escavações nos alinhamentos, taludes e dimensões especificados, conforme os desenhos de projeto.

A CONTRATADA notificará a FISCALIZAÇÃO antes de iniciar qualquer escavação, de forma que haja tempo suficiente para a FISCALIZAÇÃO realizar as devidas verificações, via levantamento topográfico.

Durante a execução dos trabalhos, as condições geológico-geotécnicas encontradas poderão exigir ajustes do projeto quanto aos alinhamentos, níveis de fundação, taludes e dimensões indicados nos desenhos de projeto. Sempre que tais ajustes se mostrarem necessários, caberá à CONTRATADA informar à FISCALIZAÇÃO para que a PROJETISTA seja acionada para execução das modificações nos desenhos de projeto.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 23/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

A CONTRATADA tomará todas as precauções indispensáveis para não danificar quaisquer materiais abaixo e além das linhas de escavações. Quaisquer danos causados pelos trabalhos na área de escavação ou por quaisquer outras atividades da CONTRATADA deverão ser por esta, reparados às suas expensas. Qualquer escavação fora dos alinhamentos mostrados nos desenhos de projeto, exceto onde autorizado pela FISCALIZAÇÃO, será considerada como serviço não autorizado e deverá receber tratamento a ser determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Todas as escavações que ficarem permanentemente expostas deverão apresentar taludes estáveis, superfícies bem-acabadas, regulares e com drenagem adequada, conforme estabelecido nos desenhos de projeto.

A CONTRATADA deverá escavar, separadamente, os materiais destinados a várias utilizações, mediante métodos apropriados, previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO. Os materiais escavados serão colocados diretamente nos locais de destino ou serão estocados para uso futuro. Outras aplicações dos materiais provenientes das escavações deverão ser aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

O material excedente ou imprestável, devido à má qualidade, deverá ser objeto de deposição em locais previamente indicados pela FISCALIZAÇÃO, no sentido de não prejudicar a utilização da área ou a paisagem regional. Esta paisagem deverá ser sempre preservada e/ou recomposta durante todo o período de execução da obra.

11.3.1 Limpeza e Preparo do Terreno

A limpeza e preparo do terreno consistirá na remoção de material de origem orgânica, solos não consolidados, blocos de rocha e resíduos das áreas de interesse e implantação das obras.

A limpeza e preparo do terreno deverão ser realizados de forma gradativa conforme o avanço das atividades de escavação.

Para a implantação do alteamento, pode ser considerada a remoção total da camada de solo mole a jusante da barragem como indicado na planta de tratamento de fundação (Ver desenhos DF19-263-1-EG-DWG-0110 e DF19-263-1-EG-DWG-0111).

Ademais, foi considerada como limpeza do terreno, a escavação e remoção de 30 cm de solo orgânico e de materiais soltos do maciço. De forma alguma será permitida a implantação do alteamento sobre solo mole. Caso seja identificada tal camada, a qual não foi contemplada no projeto, a fiscalização deverá ser acionada.

Os locais de destino finais destes materiais deverão ser acordados com a FISCALIZAÇÃO, que deverá armazená-los considerando uso futuro ou não.

11.3.2 Rejeito de Magnetita – Estocagem

A CONTRATADA deverá submeter à FISCALIZAÇÃO um plano de estocagem do rejeito em magnetita a ser utilizado no alteamento da estrutura. A área de estocagem deve ser prevista, devendo a CONTRATADA providenciar acessos e facilidades para a sua futura utilização.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 24/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

Vale ressaltar que somente após a liberação do plano de estocagem pela FISCALIZAÇÃO, será permitida a formação das pilhas. Materiais lançados em locais não liberados deverão ser removidos e lançados em áreas liberadas, às expensas da CONTRATADA.

O local selecionado para formação de estoque deverá ser preparado, às expensas da CONTRATADA, de modo a evitar contaminação do material depositado e manter a estabilidade das pilhas. Para isto, poderão ser necessárias operações de supressão vegetal, limpeza, escavação de solos inaptos para fundação, drenagem superficial e outras providências julgadas necessárias pela FISCALIZAÇÃO.

Os materiais serão depositados nas pilhas por métodos que garantam superfícies regulares, taludes estáveis e pilhas livres de contaminação. A estabilidade das pilhas de estoque será de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

A CONTRATADA deverá adotar procedimentos que garantam o máximo de aproveitamento dos materiais escavados, para sua utilização na obra de alteamento da barragem.

A construção das pilhas deverá ser realizada mediante deposição do material e espalhamento deste em camadas, utilizando-se tratores de esteiras ou outros equipamentos previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO.

Todos os cuidados deverão ser adotados para minimizar fenômenos de fragmentação e segregação dos materiais.

A CONTRATADA deverá fornecer à FISCALIZAÇÃO, quando expressamente solicitado, o valor dos volumes dos materiais retirados e remanescentes nas pilhas.

11.3.3 Enrocamento Selecionado – Estocagem

O enrocamento selecionado será utilizado no prolongamento da camada de enrocamento existente, até a face do talude do alteamento proposto neste projeto. Este material poderá ser estocado em área de estocagem a ser definida pela CONTRATANTE, devendo a área estar preparada para receber o material.

Havendo necessidade, este material poderá ser estocado em pilhas e sua construção deverá ser realizada mediante deposição do material e espalhamento deste em camadas, utilizando-se tratores de esteiras ou outros equipamentos previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO.

Os materiais serão depositados nas pilhas por métodos que garantam superfícies regulares, taludes estáveis e pilhas livres de contaminação. A estabilidade das pilhas de estoque será de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

Caso estes materiais sofram contaminação, este deverá ser descartado, pois não será permitida a aplicação destes na estrutura da barragem.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 25/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

11.3.4 Materiais Granulares para Transição – Estocagem

Os materiais granulares a serem utilizados como camadas de transição para construção do alteamento da Barragem BR são: areia, brita 0 e brita 3.

Estes materiais deverão ser estocados em área a ser definida pela CONTRATANTE, devendo a área estar preparada para receber estes materiais. A estocagem poderá ocorrer através da formação de pilhas e deverá ser realizada mediante deposição do material e espalhamento deste em camadas, utilizando-se tratores de esteiras ou outros equipamentos previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO.

Como cada pilha será formada por um único tipo de material, não serão permitidas camadas de lastro com material diferente do material a ser estocado.

Os materiais serão depositados nas pilhas por métodos que garantam superfícies regulares, taludes estáveis e pilhas livres de contaminação. A estabilidade das pilhas de estoque será de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

Caso estes materiais sofram contaminação, este deverá ser descartado, pois não será permitida a aplicação destes na estrutura da barragem.

11.3.5 Tratamento de Fundação

Este capítulo trata dos serviços relativos ao preparo da fundação para construção do alteamento da barragem. A área delimitada que abrange o tratamento de fundação encontra-se apresentado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0110 e DF19-263-1-EG-DWG-0111.

Todos os materiais instáveis, de consistência mole, deverão ser removidos. Os taludes, naturais ou do maciço, que necessitarem de escavação deverão passar por prévia análise da projetista, para determinação da inclinação mínima.

Durante as escavações, a FISCALIZAÇÃO inspecionará os materiais e dará sua aprovação final nas cotas de escavação. A FISCALIZAÇÃO poderá exigir reparos na superfície final de escavação, a fim de se corrigir eventuais danos, caso julgue que a superfície de escavação não esteja em condições de receber o aterro, em virtude da inobservância dos cuidados aqui descritos.

A superfície de fundação deverá ser totalmente limpa, utilizando ferramentas manuais tais como pás, e outros equipamentos de escavação, além de jatos de ar ou ar e água, em toda a área mostrada nos desenhos de projeto ou determinada pela FISCALIZAÇÃO, a fim de se remover todo o material inadequado, pequenas depressões e outras irregularidades superficiais.

A superfície de escavação não deverá ficar exposta por muito tempo antes do lançamento do aterro, a critério da FISCALIZAÇÃO. O último metro das escavações somente deverá ser executado imediatamente antes do lançamento do aterro.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 26/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

Durante a execução desta etapa, haverá a necessidade de controle dos fluxos de água observados a partir da saída da drenagem interna da Barragem BR. A correta execução deste serviço é fundamental para o desenvolvimento da obra.

11.3.6 Bota Fora

Os materiais escavados considerados inadequados serão destinados a áreas de bota fora. As áreas de bota fora serão definidas pela CONTRATANTE, devendo estar aderentes às diretrizes aqui estabelecidas.

A CONTRATADA tomará precauções para que o material depositado não venha a causar danos às áreas e obras adjacentes – deslizamento, erosão e outros fenômenos instabilizantes. Deverão ser previstos sistema de drenagem superficial e proteção de taludes para bota fora(s).

Os aterros de bota fora deverão apresentar taludes estáveis, não mais íngremes do que 2H:1V, salvo quando indicado o contrário. Qualquer reparo para desobstrução das áreas afetadas por eventuais desmoronamentos será executado pela CONTRATADA.

A CONTRATADA deverá prever, em seu planejamento, que os materiais sejam dispostos pelo processo de lançamento em ponta e espalhados através da utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem, constituídos basicamente de tratores de esteiras.

Também deverá ser previsto o eventual zoneamento dos materiais no lançamento em ponta, de forma a obter taludes mais estáveis e melhor aparência estática, ou visando a utilização futura.

11.4 DRENAGEM INTERNA – COLCHÃO DRENANTE

A drenagem interna da Barragem BR é composta apenas por um dreno de pé, que deverá ser prolongado nas obras de alteamento desta estrutura. A barragem não conta com filtro vertical, uma vez que seu maciço é composto de magnetita, tido como um material suficientemente drenante.

11.4.1 Requisitos Gerais

O enrocamento deverá ser colocado de acordo com os alinhamentos, dimensões, declividades e níveis internos e externos, indicados nos desenhos do Projeto Detalhado (DF19-263-1-EG-DWG-0063 a DF19-263-1-EG-DWG-0065).

11.4.2 Características Requeridas, Lançamento e Espalhamento das Camadas

O enrocamento a ser utilizado deverá obedecer às características definidas nesta especificação, sendo que os fragmentos deverão estar dentro da faixa granulométrica fixada. Esta faixa granulométrica está diretamente vinculada às dimensões do material já existente e discretizado na especificação técnica do reforço executado (WBH122-17-MOSC061-ETC-0003) e do projeto “As Built” (WBH122-17-MOSC061-DES-0007).

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 27/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

Para garantir as características requeridas do material, deverá ser realizado pela CONTRATADA, em lotes que serão determinados posteriormente, ensaios de granulometria que comprovem a granulometria do material.

A CONTRATADA deverá sempre aplicar técnicas construtivas que garantam que os fragmentos rochosos maiores sejam uniformemente distribuídos, com os fragmentos menores preenchendo os vazios existentes entre os mais volumosos.

Todas as zonas de enrocamento deverão ser colocadas dentro dos alinhamentos e inclinações indicados nos Desenhos. Deverão ser delineados os limites das zonas sobre a superfície do maciço por meio de estacas pintadas.

Junto às transições, deverá ser colocado enrocamento fino, bem graduado, através de processos cuidadosos de segregação em camadas desta e da espessura das transições adjacentes.

Os blocos de rocha são, com dimensões a serem determinadas, eventualmente trazidos às praças de lançamento, e que possam sobressair-se à camada lançada, deverão ser empurrados para a zona de enrocamento externa junto à face do talude de jusante.

O processo construtivo deverá ser tal que os fragmentos rochosos maiores sejam uniformemente distribuídos, ficando os fragmentos menores preenchendo os vazios existentes entre os blocos mais volumosos.

A face de todos os taludes de enrocamento deverá ser acertada por meio de equipamento adequado que possa produzir acabamento uniforme da superfície. Este acabamento será realizado toda vez que o alteamento do maciço alcance uma altura compatível com o equipamento a ser utilizado neste serviço.

Os aspectos construtivos descritos neste item referem-se ao enrocamento selecionado para prolongamento do dreno de pé.

Estes materiais deverão ser provenientes de fornecedores a serem indicados pela CONTRATANTE, desde que atendam às características mínimas de projeto. Deverão ser realizados ensaios de caracterização para verificação das características mínimas previstas em projeto.

11.4.3 Compactação e Equipamentos Requeridos

A CONTRATADA deverá utilizar equipamentos em número suficiente para manter a produção uniforme, contínua e na quantidade requerida para a execução dos serviços nos prazos estabelecidos. Deverá, ainda, mantê-los em boas condições de operação e tomar as providências necessárias para obter a energia de compactação especificada dentro do desvio de umidade fixado.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 28/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

A eficiência dos equipamentos poderá ser testada em aterros experimentais; podendo ser indicadas modificações no peso, na pressão e na velocidade de operação para a obtenção do grau de compactação desejado.

Cada camada de enrocamento, espalhada de acordo com requisitos que serão fixados, deverá ser compactada seguindo critérios que serão determinados nas fases subsequentes a este projeto.

Cada camada de enrocamento deverá ser compactada por, no mínimo 6 passadas de equipamentos com esteiras (tratores e/ou escavadeiras) com peso estático de no mínimo 10 tf. A velocidade máxima do equipamento deverá ser ajustada no decorrer dos trabalhos conforme seu desempenho e eficiência na compactação. Cada passada deverá cobrir a totalidade da área a ser compactada. As passagens sucessivas do equipamento não deverão estar separadas por uma distância maior que 30,0 cm.

Após compactar a camada de enrocamento imediatamente acima da camada de enrocamento que cobre a fundação, deverá ser executado o ensaio de densidade para verificação do número de passadas do rolo compactador. Deverá ser executado o ensaio de densidade utilizando a folha de plástico, conforme metodologia constante no ANEXO 1 desta especificação.

No caso de equipamentos operando em série, deverão ser observadas as extremidades para que as mesmas não recebam uma menor quantidade de passadas.

Os equipamentos deverão trabalhar no sentido longitudinal do maciço, ou seja, em paralelo com a crista da barragem e contrário ao sentido do fluxo de água.

O enrocamento deverá estar livre de materiais finos, com uma tolerância de no máximo 5%.

Os rolos lisos deverão ser utilizados nos aterros de materiais argilosos somente com o objetivo de selar a superfície da camada compactada para proteção durante chuvas.

Os cilindros serão equipados com dispositivos de limpeza para evitar o acúmulo de materiais sobre os rolos.

11.4.4 Controle da Qualidade dos Materiais e Controle de Construção

O controle de qualidade será feito pela CONTRATADA através do acompanhamento permanente e da inspeção visual das operações de carregamento, transporte, espalhamento e compactação, e confirmado por avaliações visuais da granulometria e determinações da massa específica “*in situ*” do enrocamento compactado.

A espessura média das camadas após a compactação será determinada periodicamente, através de medições topográficas e em pontos a serem determinados durante os serviços.

As densidades naturais de campo para os maciços de enrocamento serão determinadas pelo método do plástico, e as cavas a serem abertas pela CONTRATADA deverão ter diâmetros

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 29/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

da ordem de 4,0 m e profundidades de cerca de 1,5 m. Quando os valores resultantes forem inferiores a 20 kN/m³ e a média das determinações inferior a 22 kN/m³, o processo executivo será otimizado, de modo a serem alcançados os valores desejados.

No caso de ser notada qualquer evidência de segregação ou presença de materiais sem as características requeridas nestas especificações, será exigida a sua substituição, em especial atenção junto às transições, onde deverá ser aplicada a fração fina do material.

Deverá ser prevista a abertura periódica de valas ou poços de inspeção, para verificar a homogeneidade e a eficiência de compactação dos maciços de enrocamento compactado.

11.5 DRENAGEM INTERNA – PREENCHIMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR

No preenchimento do sistema extravasor, foi proposto um dreno de contato faceando o maciço, seguido de colchão drenante tipo sanduíche até a saída do canal. O desenho DF19-263-1-EG-DWG-0025 apresenta o quadro de locação e seções típicas do projeto. Os materiais devem seguir o especificado no item 11.6.

11.6 CAMADAS DE TRANSIÇÃO

11.6.1 Requisitos Gerais

As camadas de transição serão aplicadas no contato do dreno de pé com o rejeito de magnetita e com a fundação. Os materiais considerados foram: areia, brita 0 e brita 3 com espessura de 30 cm. Estes materiais devem ser prolongados até a superfície do talude de jusante. Deve se atentar que para o material que faceia a magnetita, é indicado areia grossa, já para o material que faceia o solo de fundação é indicado areia fina a média.

Além dessas transições, há também transições no sistema de drenagem no preenchimento do sistema extravasor. Os materiais indicados no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0025 leva em consideração o dimensionamento aqui apresentado.

As zonas dos materiais dos drenos deverão ser homogêneas, compactas, permeáveis e livres de contaminação de solos finos ou matérias orgânicas. Os materiais componentes da drenagem interna deverão ser constituídos por partículas duras e duráveis, obtidas de materiais rochosos isentos de detritos vegetais e de matéria orgânica e com porcentagem de finos (<#200) inferior a 5%.

Para o controle de qualidade da construção é recomendado a realização dos ensaios apresentados na Tabela 11.1 abaixo, conforme normas indicadas em sua versão mais recente.

Tabela 11.1 – Ensaios de controle para material do dreno e das transições.

Local de Coleta de amostra	Ensaio	Método de Ensaio	Quantidades especificadas*
Areia	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 300 m ³ executado

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 30/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

Local de Coleta de amostra	Ensaio	Método de Ensaio	Quantidades especificadas*
	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos de Agregados	NBR 7219	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 300 m ³ executado
	Ensaio de Permeabilidade Carga Constante	NBR 13292	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 300 m ³ executado
Brita 0	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 300 m ³ executado
	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos de Agregados	NBR 7219	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 300 m ³ executado
	Ensaio de Permeabilidade Carga Constante	NBR 13292	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 300 m ³ executado
Brita 3	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	3 ensaios
	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos de Agregados	NBR 7219	3 ensaios
	Ensaio de Permeabilidade Carga Variável	NBR14545	3 ensaios

Nota: * Se observado em campo mudança das características dos materiais a quantidade de ensaios proposta deverá ser intensificada.

11.6.2 Características Requeridas para transição entre o maciço de magnetita e o enrocamento

A Figura 11.1 apresenta as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o enrocamento e o solo de fundação para o projeto de alteamento da Barragem BR. Conforme acordado com a MOSAIC, a faixa granulométrica da magnetita utilizada para o dimensionamento das transições é a mesma que foi utilizada pela Walm no dimensionamento das transições quando da realização do projeto de reforço em 2019, fornecido na especificação técnica de número WBH122-17-MOSC061-ETC-0003.

Com isso, o dimensionamento das transições entre a magnetita e o enrocamento se deu conforme faixa granulométrica apresentada na Tabela 11.2.

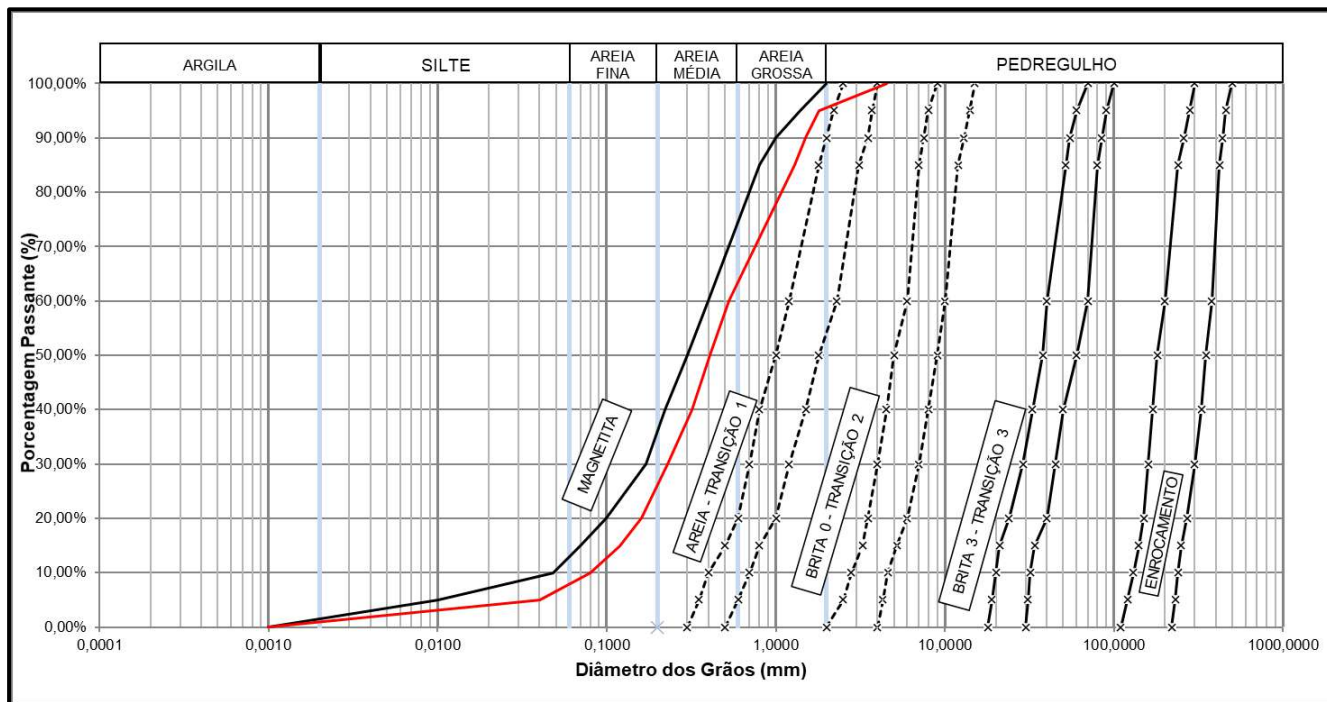


Figura 11.1 – Faixas granulométricas para os materiais de constituição da drenagem interna e transições.

Tabela 11.2 – Faixas granulométricas dos materiais para o reforço (Walm, 2019)

D _N	Enrocamento D ₅₀ =250 mm		Brita 3		Brita 0		Areia média a grossa	
	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)
D ₀	110,0	220,0	18,0	30,0	2,0	4,0	0,3	0,5
D ₁₅	140,00	250,00	21,0	34,0	3,3	5,2	0,5	0,8
D ₃₀	160,00	300,00	29,0	45,0	4,0	7,0	0,7	12
D ₅₀	180,00	350,00	38,0	60,0	5,0	9,0	1,0	1,2
D ₆₀	200,00	380,00	40,0	70,0	6,0	10,0	1,2	2,3
D ₈₅	240,00	420,00	52,0	80,0	7,0	12,0	1,8	3,1
D ₁₀₀	300,00	500,00	70,0	100,0	9,0	15,0	2,5	4

11.6.3 Características Requeridas para transição entre o solo de fundação e o enrocamento

A Figura 11.2 exhibe as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o solo de fundação e o enrocamento.

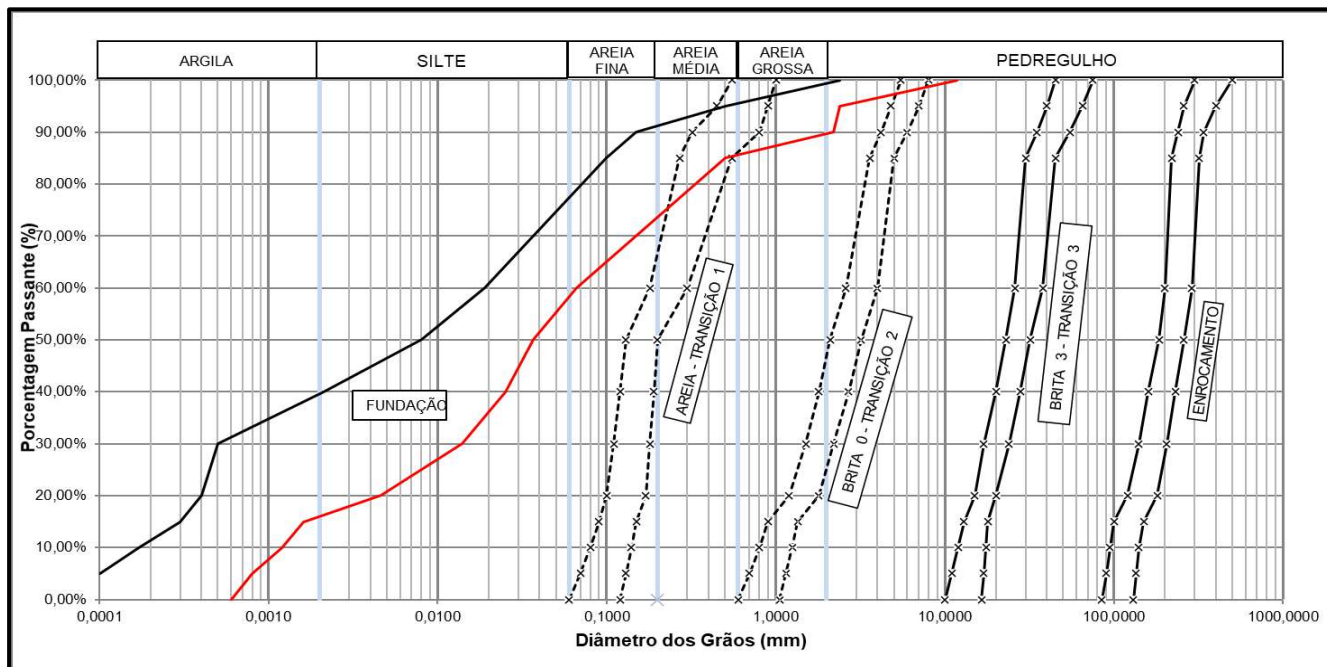


Figura 11.2 – Faixas granulométricas para os materiais de constituição da drenagem interna e transições

A Tabela 11.3 apresenta as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o enrocamento e o solo de fundação para o projeto de alteamento da Barragem BR.

Tabela 11.3 – Faixas granulométricas dos materiais entre o enrocamento e o solo de fundação

D _N	Enrocamento D ₅₀ =250 mm		Brita 3		Brita 0		Areia fina a média	
	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)
D ₀	85,0	130,0	10,0	16,5	0,6	1,05	0,06	0,12
D ₁₅	100,0	150,0	13,0	18,0	0,9	1,35	0,09	0,15
D ₃₀	140,0	205,0	17,0	24,0	1,5	2,2	0,11	0,18
D ₅₀	185,0	260,0	23,0	32,0	2,1	3,2	0,13	0,20
D ₆₀	200,0	290,0	26,0	38,0	2,6	4,0	0,18	0,30
D ₈₅	220,0	320,0	30,0	45,0	3,6	5,0	0,27	0,55
D ₁₀₀	300,0	500,0	45,0	75,0	5,5	8,0	0,55	1,0

Para compatibilizar os dois dimensionamentos e a partir dos resultados obtidos para as transições acima, a DF+ recomenda que no caso da transição em areia seja utilizado a areia média a grossa para transição entre a magnetita e o enrocamento, e areia fina a média para transição entre o enrocamento e a fundação.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 33/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

11.6.4 Lançamento e Espalhamento das Camadas

Cada camada da transição deverá ser lançada e espalhada horizontalmente através de equipamentos e meios apropriados. A espessura máxima de cada camada será de 30 cm, após a compactação.

O lançamento deve ser feito de tal forma que a fração mais fina da transição seja colocada junto à fração mais grossa, voltada para o enrocamento adjacente, ou seja, a brita 3 deve estar faceando o enrocamento e a brita 0, esta deve facear a areia e a mesma facear a magnetita ou o solo de fundação.

Deverão ser tomadas providências adequadas para que seja evitada a segregação do material.

Qualquer material estranho lançado nas zonas da transição e que possa interferir com suas propriedades não coesivas e livremente drenantes deverá ser cuidadosamente removido, às expensas da CONTRATADA, antes de se prosseguir na execução da camada seguinte. Estes trabalhos de remoção deverão ser realizados na extensão e na profundidade necessárias para alcançar o material limpo.

Deverão ser tomados cuidados especiais de modo a evitar a contaminação dos materiais pelos solos adjacentes.

O lançamento dos materiais de uma nova camada somente poderá ser realizado após a área de lançamento ter sido inspecionada e expressamente liberada pela FISCALIZAÇÃO.

11.7 MACIÇO DE MAGNETITA COMO MATERIAL DE ALTEAMENTO

O aterro do alteamento proposto para a Barragem BR será executado utilizando rejeito de magnetita, em camadas uniformes e horizontais com espessura lançada máxima de 23 cm para se atingir 20 cm de camada compactada.

Como a geometria do maciço foi revisada com o intuito de mitigar o modo de falha de liquefação, é imprescindível que as camadas sejam lançadas, compactadas e controladas conforme o preconizado neste item, para garantir que o material apresente comportamento dilatante (não susceptível à liquefação) para as tensões que o mesmo será submetido durante sua fase de operação.

11.7.1 Definições

Com o intuito de padronizar terminologias executivas de construção de aterros, definiremos alguns termos:

- Passada: trajeto de ida a partir do ponto de início da faixa a ser compactada até o seu término utilizando equipamentos de compactação;

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 34/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- Fecha: trajeto de ida e volta até o ponto de início da faixa a ser compactada utilizando equipamentos de compactação.

11.7.2 Alinhamentos e Greides

O aterro do alteamento deverá ser executado conforme os alinhamentos, elevações, dimensões e seções transversais indicadas nos desenhos de projeto.

11.7.3 Características Requeridas

O rejeito de magnetita a ser utilizado no alteamento da Barragem BR deverá obedecer às características definidas nestas especificações, sendo que as partículas deverão estar dentro da faixa granulométrica fixada e apresentada na Tabela 11.4. Estas informações foram obtidas da especificação técnica do reforço realizado pela Walm em 2019 e presente no documento WBH122-17-MOSC061-ETC-0003. Segundo a MOSAIC, o maciço será executado com material similar ao utilizado no reforço e com isso deve apresentar a mesma faixa granulométrica.

Tabela 11.4 – Faixas granulométricas dos materiais para o alteamento (adaptado de Walm, 2019)

D _N	Rejeito de Magnetita	
	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)
D ₀	0,001	0,001
D ₁₅	0,06	0,14
D ₃₀	0,16	0,23
D ₅₀	0,30	0,40
D ₆₀	0,40	0,52
D ₈₅	0,80	1,30
D ₁₀₀	2,00	4,00

O material deverá ser proveniente da usina de beneficiamento e deverá ser estocado no pátio de bota-espera antes de sua utilização na estrutura.

Para definição das características que subsidiarão o controle tecnológico de construção, tais como: peso específico máximo e umidade ótima, foi prevista a retirada de 5 amostras deformadas no pátio de deposição de magnetita para ensaios de laboratório. A especificação para retirada destas amostras encontra-se no item seguinte.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 35/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

11.7.3.1 Retirada de Amostras Deformadas

Amostras deformadas são aquelas extraídas por raspagem ou escavação, o que implica na destruição da estrutura e na alteração das condições de compacidade ou consistência naturais destas. Nestas amostras deverão ser realizados ensaios para caracterização física, além de ensaios de compactação para determinação do teor de umidade ótimo.

Para estas amostras deformadas, deverão ser observados os seguintes critérios, além do preconizado pela norma ABNT NBR 9.604:

- Deve se ter cuidado na retirada das amostras próximas ao terreno natural, para que não se inclua na massa de amostra de rejeito de magnetita, materiais da superfície do terreno natural;
- Após coletadas, as amostras deverão ser acondicionadas em sacolas plásticas mantendo o mínimo de ar livre dentro das mesmas. Para lacrar as amostras, recomenda-se a utilização de dispositivos que propiciem um fechamento hermético, tal que minimize a perda de umidade do interior da amostra para o ambiente;
- Os sacos plásticos preenchidos com as amostras devem ser por sua vez acondicionados em caixas de madeira de 0,5 x 0,5 x 0,5 m, para transporte até o laboratório. Junto aos sacos, recomenda-se a colocação de panos molhados a fim de manter umidade no interior da caixa, tal que se minimize a perda de água até a chegada à câmara úmida do laboratório;
- Todas as amostras serão identificadas por duas etiquetas, uma externa e outra interna aos recipientes de amostragem, contendo:
 - Nome do projeto;
 - Nome do local/estrutura;
 - Data da coleta;
 - Coordenadas do ponto de coleta;
 - Profundidade do ponto de coleta;
 - Camada do ponto de coleta, numerada a partir da base em direção ao topo do aterro.
- As anotações deverão ser feitas com canetas esferográficas ou tinta indelével, em papel cartão, devendo-se proteger as etiquetas de avarias no manuseio das amostras;
- As amostras deverão permanecer guardadas à sombra em local ventilado, até o final da jornada diária, quando serão transportadas para o local indicado.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 36/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

11.7.4 Equipamentos

A CONTRATADA poderá propor rolos lisos comuns, de qualquer tipo, desde que eficientes na compactação dos materiais. Os cilindros serão equipados com dispositivos de limpeza, para evitar o acúmulo de materiais sobre os rolos. **Não será admitido recurso de vibração nestes equipamentos.**

A CONTRATADA deverá utilizar equipamentos em número suficiente para manter a produção uniforme, contínua e na quantidade requerida para a execução dos serviços nos prazos estabelecidos. Deverá, ainda, mantê-los em boas condições de operação e tomar as providências necessárias para obter a energia de compactação especificada dentro do desvio de umidade fixado.

A eficiência dos equipamentos poderá ser testada em aterros experimentais, se solicitado pela FISCALIZAÇÃO, podendo ser indicadas modificações no peso, na pressão e na velocidade de operação para a obtenção do grau de compactação desejado.

A compactação deverá ser efetuada por rolos convencionais. Os compactadores mecânicos de operação manual deverão ser utilizados apenas nas áreas confinadas, junto a eventuais instrumentos e nos locais inacessíveis aos equipamentos convencionais, devendo ser obtidos nestes locais os mesmos requisitos de compactação exigidos para o maciço.

O umedecimento dos materiais nas praças de lançamento das camadas, eventualmente necessário para pequenos ajustes de umidade, deverá ser feito por caminhões-pipa equipados com barras aspersoras, que permitam a aplicação uniforme de água na área a ser regada e o controle da aspersão durante a operação. Não serão permitidos equipamentos de aspersão com vazamento que possa prejudicar a qualidade dos aterros.

Para gradeamento, escarificação, homogeneização ou aeração de camadas a serem compactadas, serão empregadas grades de disco, escarificadores de motoniveladora, ou outro equipamento apropriado. A eficiência dos equipamentos será constantemente avaliada, sendo a CONTRATADA responsável pela troca ou reforma dos acessórios e equipamentos que não mais atenderem às especificações do aterro.

Quando operados em série ou em paralelo em um mesmo material, os rolos deverão possuir as mesmas características de operação, forma, dimensões e pesos, atendendo ainda ao especificado a seguir.

11.7.5 Método Construtivo

11.7.5.1 Características Requeridas

O maciço de solo compactado deverá apresentar características de resistência, deformabilidade e permeabilidade que permitam o pleno desenvolvimento de suas funções durante o período operacional da barragem.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 37/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

11.7.5.2 Teores de Umidade

Os materiais, em cada camada do maciço, deverão possuir teores de umidade dentro dos limites especificados em projeto.

A faixa de desvio dos teores de umidade, dentro da qual deverão se situar todos os resultados dos ensaios de controle, é de $\pm 2\%$.

Os desvios do teor de umidade acima referidos são iguais à diferença entre os teores de umidade obtidos na praça de compactação e os teores ótimos de umidade obtidos nos ensaios de compactação executados de acordo com o ensaio de Proctor Normal, Norma NBR 7182:2016 da ABNT, aplicado sem a secagem prévia.

As faixas de desvio especificadas acima poderão sofrer modificações, a critério exclusivo da FISCALIZAÇÃO, antes e/ou durante o decorrer da obra, em função dos resultados iniciais obtidos na execução dos aterros.

O controle da umidade deverá ser efetuado pela CONTRATADA através de métodos rápidos que serão estabelecidos antes do início da construção.

11.7.5.3 Homogeneidade

Dentro da zona de solo, o aterro deverá ser homogêneo quanto ao desvio de umidade e ao grau de compactação. As camadas individuais também deverão sempre apresentar homogeneidade quanto aos teores de umidade e graus de compactação, inclusive entre o topo e a base das mesmas.

11.7.5.4 Lançamento e Espalhamento das Camadas

A colocação do material no maciço somente deverá ser iniciada após inspeção e liberação, pela FISCALIZAÇÃO, da área para lançamento.

Durante a colocação dos materiais, deverá ser evitada a formação de lentes, bolsões e camadas contínuas de material que difere, substancialmente, do material circundante em textura e características.

A operação de espalhamento deverá ser feita de modo que seja obtido aterro homogêneo, tanto em relação à umidade quanto à textura e características do solo. Fica determinado que as operações de lançamento e espalhamento sejam feitas paralelamente ao eixo longitudinal do maciço. Os maciços deverão ser mantidos aproximadamente em nível, com inclinações suaves que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

As superfícies deverão ser inclinadas de tal forma que as águas superficiais não sejam conduzidas às transições e ao filtro de areia, evitando-se, com isso, possíveis contaminações. Após o lançamento, os materiais deverão ser espalhados em camadas aproximadamente horizontais cujas espessuras deverão ser controladas por equipes de topografia.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 38/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir alterações nos métodos de lançamento e espalhamento, sempre que isso proporcione melhorias qualitativas.

O tráfego dos equipamentos de transporte e espalhamento deverá ser dirigido de modo que sua carga seja uniformemente distribuída sobre a superfície das áreas de trabalho.

Durante as operações de lançamento e espalhamento, a CONTRATADA deverá manter, nas áreas de compactação, pessoal necessário para remover raízes, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados das áreas de trabalho.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir a remoção de quaisquer quantidades de materiais colocados nas áreas de compactação, desde que não possuam as características especificadas. Depois de espalhadas, as camadas soltas deverão ter, no máximo, espessura de 23,0 cm. Em locais inacessíveis aos rolos compactadores, onde será necessário o uso de compactadores mecânicos manuais, as camadas de solo solto deverão ser espalhadas com espessuras que não excedam 10,0 cm. Deverá ser utilizada cruzeta para controle da espessura da camada.

11.7.5.5 Compactação

Desde que a umidade da camada espalhada esteja dentro da faixa especificada, deverão ser iniciadas, após o nivelamento da camada, as operações de compactação, com os rolos se movendo paralelamente aos eixos longitudinais dos maciços. Cada passada do rolo compactador deverá cobrir total e uniformemente a área a ser compactada. Não será admitido recurso de vibração nos rolos compactadores.

Para o maciço compactado da elevação da barragem, o grau de compactação mínimo requerido será de 98%, em referência ao Proctor Normal, considerando o ensaio de frasco de areia. Caso a Mosaic escolha como ensaio de controle de densidade o método de Hilf, o grau de compactação mínimo requerido será de 102%.

A compactação deve ser a mais uniforme possível. O número mínimo de passadas será 6, com espessura máxima de camada lançada de 23 cm e finalizada de 20cm.

A compactação da magnetita deverá ser realizada por rolos lisos sem vibração, com velocidade de trabalho não superior a 5 km/h.

Como alternativa, a CONTRATADA poderá apresentar, à apreciação da FISCALIZAÇÃO, outro tipo de equipamento, não limitado aos sugeridos nesta especificação, para execução da compactação. Os equipamentos deverão ser testados em aterros experimentais.

Cuidados especiais deverão ser tomados para que seja garantida uma perfeita ligação entre camadas contíguas.

Nos locais onde não seja possível o uso de rolos, a compactação será feita com compactadores mecânicos manuais. Nesses casos, a espessura da camada solta será de, no máximo, 10,0 cm, devendo ser estabelecida pela CONTRATADA uma norma geral quanto à

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 39/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

mínima cobertura da área com o tipo de compactador. Será necessária uma inspeção visual cuidadosa, complementada com ensaios de campo, para a verificação da eficiência dessa compactação.

Depois de compactada a camada de transição, deverá ser efetuada a compactação do contato destas zonas por meio de duas passadas do rolo numa faixa de largura igual à do rolo.

Este procedimento também deverá ser adotado nos contatos dos materiais dos espaldares com as transições adjacentes.

11.7.6 Controle Tecnológico de Compactação

O controle geral da compactação será feito através de inspeção visual e controle tecnológico (itens 11.7.5.1, 11.7.5.2 e 11.7.5.5).

11.7.6.1 Inspeção visual

O acompanhamento permanente e inspeção visual atuará nas operações de escavação, carregamento, transporte, lançamento, espalhamento, umidificação, homogeneização e compactação.

Na inspeção visual, serão cuidadosamente observados:

- A escarificação, o destorroamento, a correção da umidade e a homogeneização do solo da superfície da camada compactada, suporte da camada seguinte;
- A distribuição nas áreas de trabalho dos equipamentos de transporte, espalhamento e compactação para o controle da uniformidade da compactação;
- O tipo, a qualidade e as condições de umidade do material lançado;
- Os serviços de remoção de raízes, fragmentos de madeira, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados nas áreas de trabalho;
- Gradeamento para destorroamento e homogeneização do teor de umidade do material lançado;
- O espalhamento e o controle topográfico rigoroso da espessura de camada de solo a ser compactada;
- As condições e as características dos equipamentos de compactação: peso, comprimento das patas, espaçamento entre os tambores etc.;
- Velocidade de operação dos rolos compactadores;
- O número de passadas dos rolos e a cobertura adequada da faixa durante a compactação;
- A espessura da camada após a compactação;
- A ocorrência de camadas ressecadas, fissuradas ou com fendas;
- As condições de trabalhabilidade do solo e a verificação da ocorrência de laminação, “borrachudo”, do revolvimento do solo pelas patas dos rolos etc.;
- A ligação entre camadas de mesmo material ou de materiais diferentes;

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 40/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- As inclinações das superfícies dos maciços de modo que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

Completadas as operações de lançamento, espalhamento e tratamento de umidade de uma camada, a CONTRATADA fará uma análise tátil visual.

Caso esta análise suscite qualquer dúvida a respeito da umidade, serão feitos ensaios prévios e expeditos, em número determinado a critério da FISCALIZAÇÃO. De posse dos resultados dos ensaios e da análise tátil visual, a FISCALIZAÇÃO liberará a camada para compactação ou exigirá novos tratamentos para a correção da umidade.

As camadas cujo grau de compactação for inferior ao mínimo especificado serão recompactadas, enquanto aquelas cuja umidade estiver fora da faixa de desvio admitida serão abertas e novamente preparadas para compactação.

A FISCALIZAÇÃO solicitará qualquer ensaio que julgar necessário para verificação da compactação. O estabelecimento dos tipos e métodos de ensaio, bem como a sua frequência e critérios de análise dos resultados, são de competência exclusiva da FISCALIZAÇÃO.

11.7.6.2 Ensaios para Liberação de Camada

Os ensaios de liberação de camadas (grau de compactação e umidade) deverão ser realizados através da execução de ensaio de compactação pelo método desenvolvido por Jack W. Hilf, do Bureau of Reclamation – USA (Hilf, J.W. “A Rapid Method of Construction Control for Embankments of Cohesive Soils”, Engineering Monograph nº 26, Denver, Colorado, 1959), ou pelo método do frasco de areia, sendo realizados:

- No mínimo, 3 ensaios por faixa de trabalho, em locais aleatórios definidos pela FISCALIZAÇÃO / ATO, observando-se a distância máxima entre pontos de 50,00 m. A definição dos pontos deverá também considerar as seguintes situações:
 - Área onde os rolos fizerem manobras e/ou diminuïrem sua velocidade durante as operações de compactação;
 - Nas junções entre zonas compactadas por rolos e equipamentos manuais, junto à fundação e junto às zonas de drenos e transição;
 - Em outros locais onde seja necessário, a critério da FISCALIZAÇÃO / ATO.

11.8 ATERRO COMPACTADO - GENERALIDADES

Para o preenchimento do sistema extravasor, no alinhamento do alteamento projetado é previsto a utilização de solo compactado. Este solo é proveniente do material retirado na escavação do sistema extravasor e deve ser utilizado seguindo as considerações abaixo. Cabe enfatizar que de forma alguma será permitida a utilização de rolos compactadores vibratórios ou qualquer outro equipamento vibratório para a compactação dos aterros.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 41/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

11.8.1 Generalidades

O maciço de solo compactado, os acessos e o canal de lamas deverão ser construídos de acordo com os devidos projetos executivos. De forma geral, devem seguir as seguintes considerações.

11.8.2 Características Requeridas

O maciço de solo compactado deverá apresentar características de resistência, deformabilidade e permeabilidade, que permita o pleno desenvolvimento de suas funções durante o período operacional da barragem.

A indicação da aplicação de materiais de diferentes áreas de empréstimos no maciço da barragem deverá ser acompanhada pela FISCALIZAÇÃO e o ATO da obra, devendo ser considerada a premissa de materiais de menor permeabilidade serem empregados no espaldar de montante da barragem.

11.8.3 Teores de Umidade

Os materiais, em cada camada do maciço, deverão possuir teores de umidade dentro dos limites especificados, necessários à obtenção dos pesos específicos requeridos.

As faixas de desvio dos teores de umidade, dentro da qual deverão se situar todos os resultados dos ensaios de controle, é de $-2,0$ a $+2,0\%$ para solos argilosos e $-2,0\%$ a $+3,5\%$ para os solos saprolíticos de textura siltosa.

Os desvios do teor de umidade acima referidos são iguais à diferença entre os teores de umidade obtidos na praça de compactação e os teores ótimos de umidade obtidos nos ensaios de compactação executados de acordo com o ensaio de Proctor Normal da Norma NBR-7182 da ABNT, aplicado sem a secagem prévia.

As faixas de desvio especificadas acima poderão sofrer modificações, a critério exclusivo da FISCALIZAÇÃO, antes e/ou durante o decorrer da obra, em função dos resultados iniciais obtidos na execução dos aterros.

O controle da umidade deverá ser efetuado pela CONTRATADA através de métodos rápidos que serão estabelecidos antes do início da construção.

11.8.4 Homogeneidade

Dentro da zona de solo o maciço deverá ser homogêneo, quanto ao desvio de umidade e ao grau de compactação. Também as camadas individuais deverão sempre apresentar homogeneidade quanto aos teores de umidade e graus de compactação, inclusive entre o topo e a base das mesmas.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 42/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

11.8.5 Lançamento e Espalhamento das Camadas

A colocação do material no maciço somente deverá ser iniciada após inspeção e liberação, pela FISCALIZAÇÃO, da área para lançamento.

Durante a colocação dos materiais deverá ser evitada a formação de lentes, bolsões e camadas contínuas de material que defiram, substancialmente, do material circundante em textura e características.

A operação de espalhamento deverá ser feita de modo que seja obtido aterro homogêneo, tanto em relação à umidade quanto à textura e características do solo. Fica determinado que as operações de lançamento e espalhamento sejam feitas paralelamente ao eixo longitudinal do maciço. As praças de trabalho do maciço deverão ser mantidas aproximadamente em nível, com inclinações suaves, que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

As superfícies deverão ser inclinadas de tal forma que as águas superficiais não sejam conduzidas às transições e ao filtro de areia, evitando-se com isso possíveis contaminações. Após o lançamento, os materiais deverão ser espalhados em camadas aproximadamente horizontais. A espessura das camadas deverá ser controlada por equipes de topografia.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir alterações nos métodos de lançamento e espalhamento, sempre que isso proporcione melhorias qualitativas.

O tráfego dos equipamentos de transporte e espalhamento deverá ser dirigido de modo que sua carga seja uniformemente distribuída sobre a superfície das áreas de trabalho.

Durante as operações de lançamento e espalhamento, a CONTRATADA deverá manter, nas áreas de compactação, pessoal necessário para remover raízes, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados, das áreas de trabalho.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir a remoção de quaisquer quantidades de materiais colocados nas áreas de compactação, desde que não possuam as características especificadas.

Depois de espalhadas, as camadas deverão ter espessura de **25cm (camada solta)**. Em locais inacessíveis aos rolos compactadores, onde será necessário o uso de compactadores mecânicos manuais, as camadas de solo solto deverão ser espalhadas com espessuras que não excedam 15cm.

11.8.6 Proteção e Tratamento de Superfícies nas Paralisações

Qualquer junta que a CONTRATADA julgar necessária, durante a execução do serviço deverá ser submetida à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Os desníveis de mais de cinco camadas serão considerados como juntas de construção e, portanto, só poderão ser executados até um desnível máximo de 4,0 metros.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 43/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

As juntas de construção em solo deverão ser protegidas adequadamente, a critério da CONTRATADA, por métodos e com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Todas as juntas de construção, antes do lançamento do aterro sobrejacente, deverão ter suas camadas superficiais removidas até uma profundidade onde o aterro subjacente apresente compactação aceitável, a critério da FISCALIZAÇÃO. Os materiais afetados pelas trincas de ressecamento deverão ser totalmente removidos da superfície da junta.

As superfícies finais assim obtidas serão escarificadas e umedecidas, camada por camada, objetivando a perfeita ligação dos aterros adjacentes. Em caso de ocorrência de erosões, a CONTRATADA deverá recompor as superfícies, às suas expensas.

A execução de juntas de construção transversais ao eixo da barragem deverá ser evitada. Eventuais juntas transversais que se mostrarem necessárias estarão sujeitas à aprovação prévia da FISCALIZAÇÃO.

A superfície das juntas de construção em solo deverá ter uma inclinação máxima igual a 1V:3H, ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Se durante os trabalhos anunciarem-se chuvas intensas, deverá ser completada rapidamente, nos maciços, uma compactação superficial (selagem), com rolo, liso ou de pneus liberado pela FISCALIZAÇÃO. No reinício dos trabalhos, esta camada deverá ser escarificada e tratada antes da colocação da camada seguinte.

11.8.7 Correção e Homogeneização do Teor de Umidade

Os materiais aproveitáveis existentes nas escavações obrigatórias (e/ou áreas de empréstimo) e eventualmente estocados acusam variações de teor de umidade natural em função da época do ano sob o efeito das chuvas e das conseqüentes oscilações do nível freático. Chama-se especial atenção da CONTRATADA para que, na elaboração do Cronograma de Construção e do programa de utilização das áreas de exploração, bem como na escolha dos equipamentos de terraplenagem, seja levado em consideração este fato.

Sempre que o teor de umidade do solo não estiver dentro das faixas especificadas para a compactação, deverá ser corrigido até que sejam obtidos os valores especificados.

Quando os teores de umidade dos solos estiverem acima da faixa especificada para a compactação (-2,0 a +2,0%) para solo argiloso e (-2 a +3,5%) para solo saprolítico siltoso, a secagem do material deverá ser feita no local de exploração ou praça de trabalho por processos adequados, escolhidos pela CONTRATADA e submetidos à liberação da FISCALIZAÇÃO.

Quando da utilização de solo saprolítico de textura siltosa, o ATO juntamente à PROJETISTA e a FISCALIZAÇÃO poderá optar por não gradejar (desagregar) este material, observando o comportamento deste na praça de trabalho, frente as suas propriedades reliquias característica de solos saprolíticos, evitando a redução de resistência e o amalgamento do solo pela desagregação dos grumos.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 44/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

Quando os teores de umidade dos solos forem menores que os da faixa especificada para a compactação, deverão ser corrigidos no local de exploração, utilizando-se métodos adequados liberados pela FISCALIZAÇÃO.

11.8.8 Compactação e Equipamentos Requeridos

Desde que a umidade da camada espalhada esteja dentro da faixa especificada, deverão ser iniciadas, após o nivelamento da camada, as operações de compactação, com os rolos se movendo paralelamente ao eixo longitudinal do maciço. Cada passada do rolo compactador deverá cobrir total e uniformemente a área a ser compactada. Cabe ressaltar que não será permitida a utilização de rolos de compactação, nem quaisquer outros equipamentos de compactação com vibração.

Para o maciço compactado do núcleo da barragem, o grau de compactação (GC) médio requerido será de 100%, sendo aceitável desvio de $\pm 2\%$ em relação ao Proctor Normal. A compactação deverá ser a mais uniforme possível.

Seguem abaixo algumas condições adicionais para garantir o controle estatístico da obra:

- nenhum ponto de controle poderá apresentar GC < 98%;
- nenhum ponto de controle poderá apresentar GC > 102%;
- a umidade do aterro, a ser verificada em todos os pontos de controle, deverá estar situada entre $h_{ót} - 2\%$ e $h_{ót} + 2\%$, sendo “ $h_{ót}$ ” a umidade ótima determinada no ensaio de Proctor Normal.

A frequência para o controle estatístico da compactação deverá ser quinzenal. Nesse controle, o grau de compactação médio, a ser determinado, poderá variar entre 98% e 100%, e o desvio padrão em cada distribuição deverá ser de até + 1,5 %. Constatando-se valores fora do especificado, medidas deverão ser tomadas visando a adequação dos métodos construtivos a fim de alcançar a desejada qualidade do aterro.

A compactação dos materiais terrosos deverá ser realizada por rolos pés-de-carneiro sem vibração, com velocidade de trabalho não superior a 5km/h.

Como alternativa, a CONTRATADA poderá apresentar à apreciação da FISCALIZAÇÃO outro tipo de equipamento não limitado aos sugeridos nesta especificação para execução da compactação. Os equipamentos deverão ser testados em aterros experimentais, que poderão ser localizados no próprio maciço do aterro.

Para a compactação de uma camada, as passagens sucessivas do rolo deverão estar separadas por distâncias iguais as existentes entre as filas consecutivas de patas nos rolos pés-de-carneiro, de modo que seja obtida uma compactação uniforme em toda a área. Cuidados especiais deverão ser tomados para que seja garantida uma perfeita ligação entre camadas contíguas.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 45/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

Nos locais onde não seja possível o uso de rolos, a compactação será feita com compactadores mecânicos manuais. Nestes casos, a espessura da camada solta será no máximo de 15 cm, devendo ser estabelecida pela CONTRATADA uma norma geral quanto à mínima cobertura da área com o tipo de compactador. Será necessária uma inspeção visual cuidadosa, complementada com ensaios de campo, para a verificação da eficiência dessa compactação.

Depois de compactada, a camada de filtro vertical ou da transição, deverá ser efetuada a compactação do contato destas zonas por meio de duas passadas do rolo numa faixa de largura igual à do rolo.

11.8.9 Tratamentos Adicionais e Recompactação

Após a conclusão da compactação da camada em construção, antecedendo o lançamento da camada seguinte, é recomendado a escarificação superficial de forma a eliminar as marcas das patas dos rolos tipo pé de carneiro. É importante salientar que esta atividade visa, exclusivamente, a eliminação das marcas das patas dos rolos, devendo, portanto, se evitar que os discos do escarificador penetrem na camada compactada além do fundo das marcas das patas.

Para os solos das fundações e solos do maciço compactado, constatando-se, após a compactação, estar lisa a superfície de uma camada ou área, deverá ser a mesma escarificada com grades de disco ou outro equipamento apropriado, previamente ao lançamento de uma nova camada. Em nenhuma hipótese poderão ser lançadas camadas em superfícies lisas. Após a escarificação, deverão ser feitos o destorroamento, a correção de umidade (se necessária) e a homogeneização do material escarificado solto para a melhor ligação de cada camada com a camada seguinte.

A laminação deverá ser evitada. Caso ocorram camadas laminadas nos locais de tráfego concentrado de equipamentos de terraplenagem, elas deverão ser removidas. Serão também removidas quaisquer camadas em que se apresentem “borrachudos” (ondulações devido à deformação plástica causada pela passagem dos equipamentos de terraplenagem sobre solos com excesso de umidade).

Nos casos em que a densidade do solo compactado estiver abaixo de valores considerados adequados pela FISCALIZAÇÃO, deverão ser dadas passadas adicionais com rolo pé-de-carneiro especificado, até se atingir, pelo menos, o valor mínimo de grau de compactação especificado.

11.8.10 Controle Geral de Compactação

O controle geral da compactação será feito através de acompanhamento permanente e inspeção visual das diversas operações de escavação, carregamento, transporte, lançamento, espalhamento, umidificação, homogeneização e compactação.

Na inspeção visual, serão cuidadosamente observados:

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 46/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- A escarificação, o destorroamento, a correção da umidade e a homogeneização do solo da superfície da camada compactada, suporte da camada seguinte;
- A distribuição, nas áreas de trabalho, dos equipamentos de transporte, espalhamento e compactação para o controle da uniformidade da compactação;
- O tipo, a qualidade e as condições de umidade do material lançado;
- Os serviços de remoção de raízes, fragmentos de madeira, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados nas áreas de trabalho;
- Gradeamento para destorroamento e homogeneização do teor de umidade do material lançado;
- O espalhamento e o controle topográfico rigoroso da espessura de camada de solo a ser compactada;
- As condições e as características dos equipamentos de compactação: peso, comprimento das patas, espaçamento entre os tambores, etc.;
- Velocidade de operação dos rolos compactadores;
- O número de passadas dos rolos e a cobertura adequada da faixa durante a compactação;
- A espessura da camada após a compactação;
- A ocorrência de camadas ressecadas, fissuradas ou com fendas;
- As condições de trabalhabilidade do solo e a verificação da ocorrência de laminação, “borrachudo”, do revolvimento do solo pelas patas dos rolos, etc.;
- A ligação entre camadas de mesmo material ou de materiais diferentes;
- As inclinações das superfícies dos maciços de modo que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

Completadas as operações de lançamento, espalhamento e tratamento de umidade de uma camada, a CONTRATADA fará uma análise tátil visual.

Caso esta análise suscite qualquer dúvida a respeito da umidade, serão feitos ensaios prévios e expeditos, em número determinado a critério da FISCALIZAÇÃO. De posse dos resultados dos ensaios e da análise tátil visual, a FISCALIZAÇÃO liberará a camada para compactação ou exigirá novos tratamentos para a correção da umidade.

As camadas cujo grau de compactação for inferior ao mínimo especificado serão recompactadas, e aquelas cuja umidade estiver fora da faixa de desvio admitida serão abertas e novamente preparadas para compactação.

A FISCALIZAÇÃO solicitará qualquer ensaio que julgar necessário para verificação da compactação. O estabelecimento dos tipos e métodos de ensaio, bem como a sua frequência e critérios de análise dos resultados, são de competência exclusiva da FISCALIZAÇÃO.

Em princípio, fica definido que o grau de compactação, juntamente com o teor de umidade das camadas compactadas, será verificado rotineiramente, segundo a seguinte frequência:

- para cada 500 m³ de material aplicado no maciço da barragem;

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 47/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- nas junções entre zonas compactadas por sapo e rolo, junto às ombreiras e a quaisquer elementos rígidos construídos no interior dos maciços compactados;
- nas áreas onde os rolos fizerem manobras e/ou diminuïrem sua velocidade durante as operações de compactação;
- outros locais onde seja necessário.

Os ensaios de caracterização completa serão realizados para cada 2.000 m³ de material colocado na barragem.

A FISCALIZAÇÃO poderá sugerir alterações na frequência dos ensaios de comprovação, intensificando-os no início dos serviços e reduzindo-os na medida em que se estabelecer uma rotina na execução.

O grau de compactação será avaliado através da execução de ensaio de compactação pelo método desenvolvido por Jack W. Hilf, do *Bureau of Reclamation – USA* (Hilf, J.W. “*A Rapid Method of Construction Control for Embankments of Cohesive Soils*”, *Engineering Monograph* nº 26, Denver, Colorado, 1959).

Após a raspagem de aproximadamente 5,0 cm de solo compactado, no local do ensaio, a densidade do solo compactado será determinada por cravação de cilindro biselado de parede fina atingindo a camada subjacente, ou por qualquer outro método a ser submetido à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Serão abertos poços de inspeção nos maciços, para análise tátil e visual de suas paredes e, sempre que houver necessidade, para a extração de amostras indeformadas e verificações de juntas de construção e regiões do maciço cujas superfícies ficaram expostas ao tempo por longos períodos. Uma vez desempenhadas essas funções, os poços serão fechados, compactando-se conforme as determinações da CONTRATADA. Ressalte-se que, para a abertura destes poços de inspeção, poderá ser empregada escavadeira hidráulica, sendo as dimensões dos mesmos adequados por questões logísticas e/ou de segurança. Quando, em um poço, for solicitada a retirada de amostra indeformada, a escavação mecanizada deverá prosseguir até a cota de topo definida para o bloco. A partir deste ponto, a escavação passará a ser manual, de modo a permitir a retirada do bloco na dimensão estipulada (30x30x30 cm) e em conformidade com a norma técnica aplicável.

11.8.11 Controle de Materiais

Conforme item anterior, ou a critério da FISCALIZAÇÃO, deverão ser retirados do maciço compactado, amostras deformadas para caracterização completa, a cada 2.000 m³ ou em locais determinados. O cadastro dos pontos amostrados deverá ser registrado pela topografia para fins de rastreabilidade.

Sobre estas amostras deverão ser executados os seguintes ensaios:

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 48/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- Limite de liquidez;
- Limite de plasticidade;
- Granulometria com sedimentação;
- Compactação – Proctor Normal;
- Densidade e umidade naturais.

A CONTRATADA deverá manter à disposição na obra um laboratório contendo todos os equipamentos necessários à execução dos ensaios acima relacionados, seguindo as diretrizes da ABNT, bem como laboratorista especializado e pessoal de apoio.

O laboratório deverá estar disposto em instalações adequadas, com bancadas, fornecimento de água, energia e tudo o que for necessário à perfeita execução dos ensaios. O laboratório deverá ser implantado antes do início das obras e permanecer em operação até a conclusão dos aterros previstos no projeto.

11.9 DRENAGEM SUPERFICIAL

11.9.1 Concepção do Sistema

Para o correto ordenamento do volume de escoamento formado sobre as bermas, taludes e em no terreno natural nas ombreiras do maciço, adotou-se duas diferentes estruturas de drenagem superficial, a saber:

- Canais de ombreira (CO), situados nas ombreiras esquerda e direita, chamados respectivamente de COE e COD, foram projetados em concreto armado e verificados para altas e baixas declividades, em função das possibilidades de implantação no terreno nas etapas posteriores de estudos da estrutura. Têm a função de coletar o escoamento das bermas e de parte do terreno natural nas ombreiras do maciço, evitando o escoamento no contato da estrutura com o terreno;
- Bermas funcionando como canais, com declividade longitudinal de 1% e transversal de 1% (Bermas de 15 a 25 m) e de 3% (Bermas de 6 m), que forma com o talude de jusante do maciço um canal em seção retangular de concreto armado moldado “in loco” ou em sarjeta triangular padrão DNIT STC-03. Foram projetadas e simuladas com revestimento em laterita a fim de se suportar velocidades de escoamento maiores. As bermas têm função de coletar o fluxo sobre os taludes e as próprias bermas e conduzi-los até os canais periféricos.

A seguir, na Figura 11.3 é apresentado o sistema de drenagem superficial proposto (Ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0116).

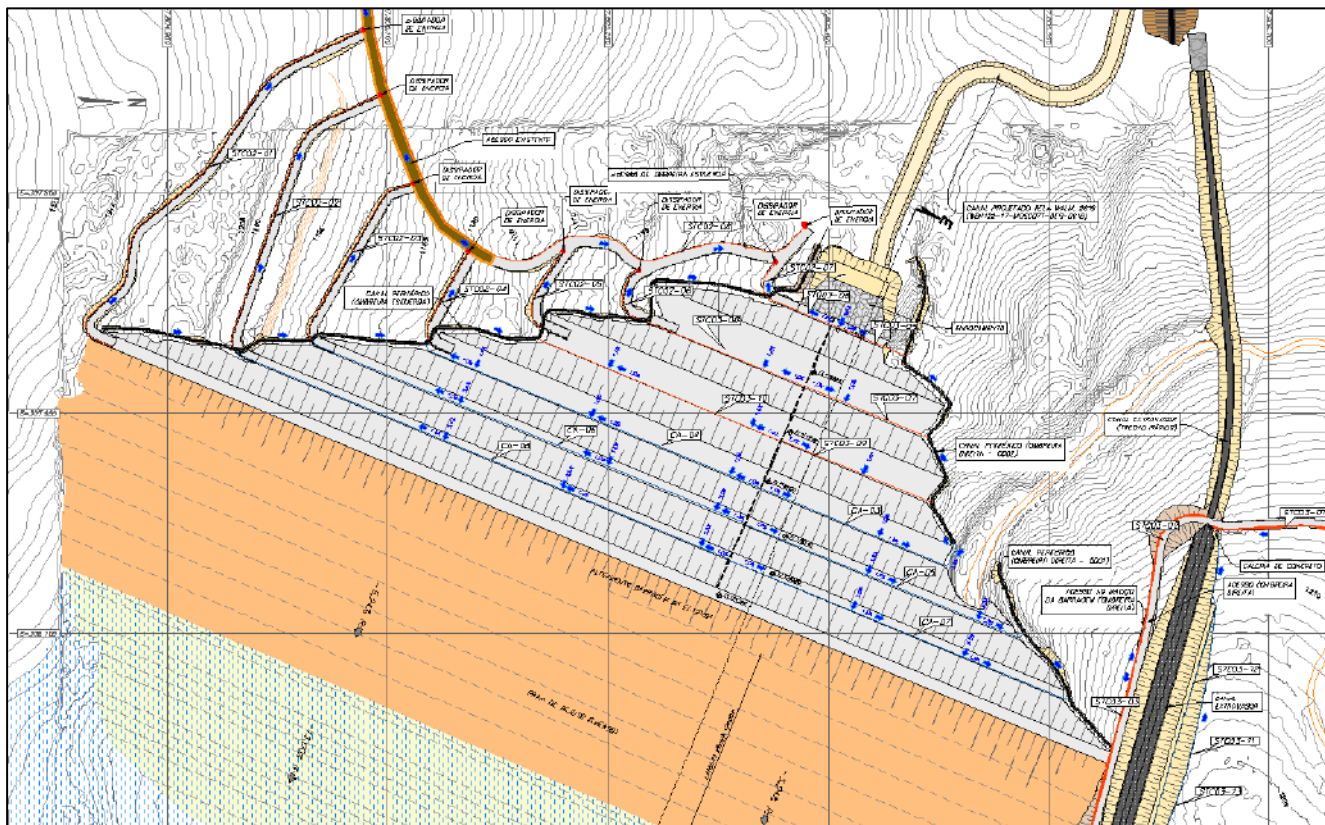


Figura 11.3 – Concepção do sistema de drenagem conceitual para o maciço da Barragem BR após alteamento para elevação 1210,00 m

11.10 ESCAVAÇÕES E REATERRO - DRENAGEM SUPERFICIAL

Este item compreende as escavações comuns, caracterizadas, em projeto, como trincheiras e valas, realizadas manualmente ou com equipamentos tipo escavadeira hidráulica, motoniveladora ou trator de esteiras de pequeno porte, em locais onde a largura da escavação e o posterior reaterro for inferior a 3,5 m.

Em princípio, estão incluídas neste item de serviço, porém sem necessariamente se ater a estes, as escavações e reaterros para implantação de:

- Estruturas de drenagem superficial escavadas no terreno natural ou aterro;
- Sistema extravasor;
- Outras estruturas de concreto.

Este serviço deverá incluir o fornecimento de mão-de-obra, equipamentos e ferramentas, bem como tudo que for necessário à completa e perfeita realização das atividades, incluindo:

- Locação topográfica, plano de escavação e memórias de cálculo detalhadas, antes do início dos serviços para aprovação da FISCALIZAÇÃO;

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 50/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- Preparo manual do fundo da cava/vala compreendendo: nivelamento, raspagem, apiloamento e acerto manual de taludes;
- Remoção de entulhos, capina, esgotamento de águas pluviais ou provenientes de lençol freático, quando necessário.

O material proveniente da escavação de cavas/valas deverá, a critério da FISCALIZAÇÃO, ser depositado nas proximidades da área dos serviços para futuro reaproveitamento como material para aterro/reaterro. O material deverá ser devidamente protegido das chuvas e não poderá interferir com os demais serviços.

O reaterro das cavas e valas deverá ser executado com o próprio material de escavação, devendo a CONTRATADA estocá-lo em local apropriado, próximo ao local de escavação, e tomar todos os cuidados para a sua preservação em condições de aplicação no reaterro. Os materiais escavados que não forem utilizados para reaterro poderão ser aproveitados no corpo dos aterros de diques ou serão transportados e espalhados em locais indicados pela FISCALIZAÇÃO.

Antes do início de quaisquer serviços de escavação, será efetuado pela CONTRATANTE e pela CONTRATADA, o levantamento topográfico detalhado dos locais, a fim de serem definidas as linhas das seções originais do terreno e as linhas iniciais de escavação que, após aprovadas pelas partes, servirão de base para as medições.

A CONTRATANTE poderá exigir as modificações que julgar necessárias, e sua aprovação não eximirá a CONTRATADA de responsabilidade pela qualidade dos serviços que executar.

As escavações devem ser realizadas dentro dos alinhamentos e dimensões indicados no projeto. Aquela executada fora desses limites e/ou realizadas por conveniência da CONTRATADA deverão constar do plano de escavação aprovado pela CONTRATANTE.

A CONTRATADA deverá tomar todas as providências para que não ocorram desmoronamentos e erosões superficiais devido às escavações. Caso estes ocorram, a reparação dos danos e a retirada do material resultante deverão ser feitas, imediatamente, pela CONTRATADA e às expensas da mesma.

Se, durante as escavações, forem encontrados materiais de características diferentes das previstas, a FISCALIZAÇÃO poderá alterar os alinhamentos, as seções, os taludes e as demais dimensões indicadas no projeto.

Sejam quais forem os processos empregados, as escavações deverão ser conduzidas de modo a produzirem superfícies finais de escavação adequadas aos serviços previstos. Os materiais destinados às diferentes utilizações serão escavados e aplicados nos locais de destino ou armazenados em pilhas de estoque para uso em reaterro.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir escavações adicionais, nos casos da ocorrência de materiais prejudiciais às fundações. Os materiais provenientes das escavações só poderão ser

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 51/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

empregados pela CONTRATADA para seu próprio uso quando autorizado pela FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA deverá tomar medidas adequadas para manter a praça de trabalho com configuração que permita o rápido escoamento das águas e a pronta retomada dos serviços. Todas as escavações deverão apresentar taludes estáveis e superfícies com acabamento final uniforme e drenagem adequada.

Durante os trabalhos de escavação, a CONTRATADA será responsável pela estabilidade e proteção dos taludes provisórios e pelo escoramento adequado das escavações, independentemente da aprovação das linhas de taludes e dos métodos de escoramento. Após a aprovação das cotas e dos limites finais das escavações pela FISCALIZAÇÃO, tais superfícies deverão ser preparadas e tratadas.

As superfícies das áreas de fundação deverão ser regularizadas e niveladas e ter drenagem adequada de modo a permitir o seu preparo. Estas atividades absorverão trabalhos de natureza manual ou mecânica e equipamentos para remoção de materiais e compactação. Em áreas confinadas, onde não for possível o emprego de equipamentos convencionais, serão utilizadas ferramentas manuais e compactadores portáteis.

Imediatamente antes do lançamento do concreto, a superfície da fundação da estrutura de drenagem deverá ser umidificada.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 52/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

12.0 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO COMPLEMENTAR

Para o alteamento da Barragem BR na elevação 1210 m foi elaborado um plano de instrumentação complementar com o objetivo de garantir o monitoramento da estrutura nesta nova elevação, além de propor adequações aos instrumentos instalados atualmente.

O plano encontra-se apresentado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138 e considerou as seguintes modificações:

- 14 indicadores de nível d'água existentes deverão ser prolongados (Tabela 12.1);
- 3 indicadores de nível d'água existentes deverão ser mantidos (Tabela 12.2);
- 7 indicadores de nível d'água deverão ser instalados (Tabela 12.3);
- 8 piezômetros do tipo Casagrande deverão ser prolongados (Tabela 12.4);
- 6 piezômetros do tipo Casagrande deverão ser instalados (Tabela 12.5);
- 3 marcos superficiais existentes deverão ser mantidos (Tabela 12.6)
- 12 marcos superficiais deverão ser instalados (Tabela 12.7);
- 2 medidores de vazão deverão ser instalados (Tabela 12.9);
- 1 régua linimétrica deverá ser instalada (Tabela 12.8).
- 8 marcos superficiais, 1 indicador de nível d'água, 1 piezômetro, 2 medidores de vazão existentes e 1 régua linimétrica deverão ser removidos (Tabela 12.10);

Tabela 12.1 - Indicador de nível d'água existente a ser alteado

INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA EXISTENTE A SER ALTEADO					
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE	ELEVAÇÃO	PROF.(m)	COMPRIMENTO A SER ALTADO (m)
INA01	7.805.178,20	308.009,30	1.210,00	46,8	10,0
INA02	7.805.270,10	308.048,90	1.210,00	50,08	10,0
INA03	7.805.288,50	308.017,00	1.200,00	49,26	16,06
INA04	7.805.294,30	307.993,50	1.180,00	45	18,10
INA05	7.805.346,00	308.080,60	1.210,00	55,6	11,6
INA06	7.805.352,70	308.046,40	1.200,00	52,94	16,74
INA07	7.805.368,10	308.024,50	1.170,80	45,21	17,81
INA08	7.805.435,30	308.118,40	1.210,00	50	10,2
INA09	7.805.075,20	307.970,00	1.210,00	31	10,0
INA102	7.805.229,20	307.943,20	1.190,00	39,46	17,96
INA103	7.805.226,61	308.009,29	1.200,00	55,81	12,51
INA104	7.805.377,47	308.004,35	1.180,00	46,5	22,0
INA105	7.805.307,45	307.973,03	1.180,00	38,6	20,10
INA-OE-01	7.805.537,60	308.004,00	1,169,80	17,80	4,30

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
		PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC - Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002

Tabela 12.2 – Indicador de nível d'água existente a ser mantido

INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA EXISTENTE A SER MANTIDO		
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE
INA-OD-01	7.805.537,60	308.004,00
INA-OD-02	7.805.524,40	307.990,90
INA-OD-03	7.805.508,30	307.974,80

Tabela 12.3 – Indicador de nível d'água programado

INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA PROGRAMADO				
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	PROF.(m)
INA110	307.942,95	7.805.084,63	1.200,00	18
INA111	307.985,83	7.805.185,90	1.200,00	29
INA112	307.936,40	7.805.206,05	1.180,00	13,4
INA113	307.919,26	7.805.255,99	1.170,00	26
INA114	307.914,67	7.805.312,99	1.170,00	27,5
INA115	307.890,32	7.805.336,08	1.160,00	19
INA116	308.068,97	7.805.453,83	1.190,00	15

Tabela 12.4 – Piezômetro existente a ser alteado

PIEZÔMETRO EXISTENTE A SER ALTEADO					
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE	ELEVAÇÃO	PROF.(m)	COMPRIMENTO A SER ALTEADO (m)
PZ102	7.805.357,86	308.049,90	1.200,00	66,48	16,58
PZ103	7.805.371,55	308.027,94	1.190,00	53,63	17,63
PZ104	7.805.286,76	308.016,10	1.200,00	62,19	28,19
PZ105	7.805.296,22	307.997,49	1.190,00	53,37	7,37
PZ106	7.805.240,83	307.971,57	1.190,00	44,53	17,63
PZ107	7.805.380,83	308.006,05	1.180,00	50,5	21,4
PZ108	7.805.302,99	307.971,33	1.180,00	43,26	20,16
PZ109	7.805.230,36	308.011,48	1.200,00	59,86	12,56

Tabela 12.5 – Piezômetro Programado

PIEZÔMETRO PROGRAMADO				
INSTRUMENTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	PROF.(m)
PZ110	307.945,29	7.805.088,68	1.200,00	21
PZ111	307.988,02	7.805.189,96	1.200,00	36
PZ112	307.938,59	7.805.210,63	1.180,00	20
PZ113	307.921,45	7.805.260,04	1.170,00	26
PZ114	307.943,86	7.805.317,04	1.170,00	30
PZ115	308.071,16	7.805.399,11	1.190,00	24

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 54/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

Tabela 12.6 – Marco Superficial existente a ser mantido

MARCO SUPERFICIAL EXISTENTE A SER MANTIDO			
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE	ELEVAÇÃO
MS01	7.805.531,60	307.996,40	1.181,50
MS02	7.805.525,80	307.989,20	1.177,90
MS03	7.805.511,10	307.972,40	1.171,40

Tabela 12.7 – Marco superficial programado

MARCO SUPERFICIAL PROGRAMADO			
INSTRUMENTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
MS04	307.969,43	7.805.076,14	1.210,00
MS05	307.919,44	7.805.096,76	1.190,00
MS06	308.010,37	7.805.173,92	1.210,00
MS07	307.937,10	7.805.208,62	1.180,00
MS08	308.030,71	7.805.223,38	1.210,00
MS09	308.050,43	7.805.270,20	1.210,00
MS10	307.938,91	7.805.316,41	1.170,00
MS11	308.082,18	7.805.345,95	1.210,00
MS12	308.008,12	7.805.376,98	1.180,00
MS13	307.974,16	7.805.391,31	1.170,00
MS14	308.119,45	7.805.435,07	1.210,00
MS15	308.045,39	7.805.465,88	1.210,00

Tabela 12.8 – Régua linimétrica programada

RÉGUA PROGRAMADA			
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE	ELEVAÇÃO
RÉGUA	7.726.434,96	629.392,77	1.198,20

Tabela 12.9 – Medidor de vazão programado

MEDIDOR DE VAZÃO PROGRAMADO			
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE	ELEVAÇÃO
MV1	7.805.433,40	307.848,82	1.138,00
MV2	7.805.503,71	308.080,47	1.186,00

Tabela 12.10 – Instrumentos existentes a serem desativados

INSTRUMENTOS EXISTENTES A SEREM DESATIVADOS		
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE
MS04	7.805.177,69	308.008,38
MS05	7.805.201,54	307.952,70
MS06	7.805.269,76	308.048,09
MS07	7.805.292,55	307.994,66
MS08	7.805.307,66	307.957,06
MS09	7.805.344,84	308.080,03
MS10	7.805.366,92	308.024,88

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 55/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

INSTRUMENTOS EXISTENTES A SEREM DESATIVADOS		
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE
MS11	7.805.384,53	307.989,80
INA101	7.805.421,22	308.063,33
PZ101	7.805.426,55	308.065,10
MV4	7.805.259,96	307.891,17
MV2	7.805.418,63	307.916,44
RÉGUA	7.805.526,81	308.311,44

Os instrumentos existentes deverão ser mantidos e protegidos durante o período construtivo. Caso sejam danificados, deverá ser realizada uma avaliação da possível instalação de novo instrumento.

Destaca-se que a CONTRATANTE, deverá aprovar a empresa subcontratada para execução da instrumentação.

No caso dos novos instrumentos, estes deverão ser instalados em furos independentes, seguindo-se as recomendações construtivas apresentadas a seguir e observando-se as condições de limpeza e estabilidade das paredes do furo. Os desenhos ilustram as seções típicas e detalhes típicos, além de apresentarem os pontos indicados para a instalação dos instrumentos supracitados.

Os instrumentos deverão ser instalados nos pontos designados logo após a finalização dos trabalhos de rebatimento dos taludes com a formação definitiva dos bancos e bermas.

Os instrumentos deverão ser identificados pelas letras PZ, para os piezômetros de Casagrande, INA, para indicadores de nível d'água e MS, para os marcos. Além disso, deverão ser apresentadas em placas metálicas, próximas aos mesmos, as suas principais características, como identificação de campo, coordenadas, executor e data de instalação.

Durante a instalação dos instrumentos, deverão ser registrados os seguintes dados: profundidade total, profundidade do filtro, pré-filtro, selo de bentonita (para o caso dos piezômetros), cota da boca do furo e comprimento acima do terreno. Todos os supracitados dados deverão ser registrados em boletins de instalação dos instrumentos e em um quadro resumo de instalação.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 56/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

Nota:

A CONTRATADA deverá aprovar a empresa subcontratada para instalação dos instrumentos.

12.1 PIEZÔMETROS DE CASAGRANDE (PZ)

12.1.1 Identificação

Os piezômetros deverão ser identificados pelas letras “PZ”, seguidas de número indicativo, conforme especificado nos desenhos de projeto.

12.1.2 Equipamentos e Acessórios Principais:

- Tubos de PVC rígido de diâmetro de 2” ou tubo geomecânico corrugado de igual diâmetro;
- Tubos de PVC rígido de diâmetro de 2” preparados para trecho em filtro de comprimento variável, com furos de diâmetro 1/16”, dispostos em seções espaçadas de 4,0 cm, contendo oito furos diametralmente opostos em cada seção, protegidos por tela ou manta geotêxtil ou, alternativamente, filtro geomecânico. Alternativamente, poderá optar por ranhuras de aproximadamente 1,0 mm de espessura, 6,0 mm de comprimento e espaçamento de 8,0 cm, executadas em 4 faces de tubo e dispostas alternadamente para o trecho do filtro;
- Centralizadores;
- Areia graduada e lavada com granulometria entre 0,5 e 2,0 mm;
- Bentonita (pó);
- Cimento tipo Portland;
- Tubo protetor de aço de diâmetro 4” (mínimo);
- Boletim de Instalação de piezômetros, com, no mínimo, os dados citados no item 12.1

12.1.3 Cuidados Preventivos

Não é recomendado o uso de lamas bentonítica ou similares para estabilização das paredes durante a execução dos furos por afetar, adversamente, as leituras e a eficiência dos instrumentos. Como forma alternativa de se evitarem desmoronamentos excessivos, deverão ser instalados, provisoriamente, tubos como revestimentos que serão retirados no momento da instalação dos piezômetros.

Profundidades onde houverem perdas excessivas de fluido durante a perfuração e detalhes relacionados às atividades de instalação dos instrumentos deverão ser devidamente registradas no boletim de sondagem e/ou no boletim de resumo de instalação dos instrumentos.

As condições finais de perfuração e o perfil dos materiais encontrados em cada furo programado para instalação dos instrumentos deverão ser comparados com as condições

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 57/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

previamente esperadas. Se constatadas diferenças significativas entre as condições reais e as condições antecipadas, o projeto de instalação deverá ser revisto ou replanejado.

As paredes do furo deverão estar estáveis e o furo livre de substâncias como óleos e graxas e/ou fluido de sondagem que poderão interferir nas leituras e/ou a instalação dos piezômetros.

A profundidade final atingida pela sondagem/perfuração e as condições/especificações dos materiais para instalação dos piezômetros deverão estar de acordo com as especificações solicitadas para cada instrumento.

12.1.4 Etapas Executivas

- Etapa 1 – Execução dos Furos
 - Os furos para instalação de piezômetros deverão ser locados através de meios topográficos, observando-se as coordenadas indicadas no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138;
 - Deverá ser levantada a cota da boca do tubo do piezômetro, cota da superfície do terreno na base do mesmo e suas coordenadas de campo;
 - Após a conclusão do furo, o mesmo deverá estar limpo;
 - Os resultados dos serviços de perfuração deverão estar devidamente registrados nos boletins de sondagens que serão entregues ao final da perfuração;
 - Todos os instrumentos deverão ser instalados à medida em que o aterro atingir a berma na qual o seu topo foi locado.

- Etapa 2 – Instalação dos piezômetros
 - Os piezômetros de câmara única serão instalados na profundidade especificada no projeto. A Figura 12.1 ilustra o perfil esquemático de instalação de um piezômetro;
 - Durante a instalação, cuidados especiais deverão ser tomados para se evitar que materiais indesejáveis caiam dentro do furo. Caso isto aconteça, a critério da FISCALIZAÇÃO, será solicitada uma nova limpeza do furo ou a abertura de um novo furo para a instalação do instrumento. Qualquer anormalidade ou diferença das condições esperadas deverá ser registrada no resumo de instalação do instrumento e prontamente notificada à FISCALIZAÇÃO para que sejam tomadas providências e decisões sobre sua instalação;
 - O pré-filtro deve ser composto de areia lavada e graduada entre as granulometrias de 0,5 e 2,0 mm. A areia deverá ser bem arredondada e limpa (livre de matéria orgânica, resíduos, etc.).
 - Antes da instalação da câmara piezométrica, deve-se lançar o equivalente a 0,50 m de coluna de pré-filtro.
 - A câmara piezométrica será composta por tubo PVC diâmetro de 2” com as paredes perfuradas em linhas, com furos de diâmetro de 1/16” e envolto por tela (trecho em filtro). Estas linhas serão espaçadas a cada 4,0 cm, desde

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 58/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

sua base até o comprimento total do filtro (1,0 m). Cada linha de furos contará com um mínimo de quatro furos diametralmente opostos envolvidos por tela. Alternativamente, poderão ser feitas ranhuras de aproximadamente 1,0 mm de espessura, 6,0 mm de comprimento e espaçamento de 8,0 cm, executadas em 4 faces de tubo e dispostas alternadamente. Abaixo do trecho em filtro deverá haver um trecho de tubo corrugado, de pequeno comprimento, para o acúmulo de eventuais detritos que entrem no piezômetro. Na base do tubo, deverá existir um tampão. Acima do trecho em filtro, será executado trecho em PVC não perfurado. A composição de tubos deverá ser inserida no furo com cuidado e deverá ser mantida suspensa durante todo o procedimento de instalação, evitando-se que os tubos se apoiem no fundo do furo.

- O pré-filtro de areia deverá preencher o espaço anelar entre o tubo e as paredes do furo, desde sua base (ou do selo inferior) até, aproximadamente, 2,0 m de altura. O volume de pré-filtro deve ser cuidadosamente determinado previamente. Em furos profundos, o lançamento do pré-filtro poderá ser feito hidráulicamente, através de um tubo auxiliar (tremie pipe).
- No caso de o furo estar revestido, a implantação do pré-filtro se dá na medida em que o revestimento é sacado. Esta operação deverá ser cuidadosamente executada para se evitar falhas e imperfeições no pré-filtro provocadas por desmoronamentos das paredes do furo. Para um perfeito funcionamento do pré-filtro, considerou-se uma camada de 0,50 m de espessura de areia como transpasse entre o filtro e o selo de bentonita.
- Imediatamente acima do pré-filtro, será colocado o selo superior constituído por bentonita (mínimo, 4 m de comprimento). O restante do furo poderá ser preenchido, preferencialmente por selo de bentonita, ou, alternativamente, por areia lavada grossa.
- O selo de bentonita com calda cimento (grout) consiste em uma mistura de cimento Portland com 4 a 5 % em peso de bentonita adicionada com o objetivo de auxiliar a expansão do cimento durante a pega e promover uma melhor selagem. O cimento empregado deve ser do tipo I ou II, conforme as normas. O uso de cimentos do tipo III é proibido.
- A bentonita deve ser sódica do tipo tradicionalmente fornecido em sacos sem aditivos. Bentonitas cálcicas podem ser empregadas em alguns ambientes ricos em cálcio. A água utilizada durante a operação de colocação da mistura deve ser obtida de uma fonte potável, de qualidade química conhecida e previamente aprovada pela FISCALIZAÇÃO.
- O cimento deve ser misturado com água na proporção de 1,2 a 2 l (litros) de água para cada 1,0 kg de cimento. À mistura total, deve-se adicionar 2,0 kg de bentonita sódica para cada saco de cimento de 50,0 kg utilizado na obtenção do grout (4 % em peso). O grout deve ser totalmente misturado em misturador mecânico ou utilizando-se uma bomba hidráulica para circular a mistura. O grout deve ser rejeitado se contiver a presença de material consolidado.
- Uma amostra do grout deve ser tomada antes da injeção do mesmo no furo. O volume de grout, assim como de bentonita, cimento e água necessários para o preenchimento do furo, deve ser calculado previamente. O volume

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 59/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

deve incluir uma quantidade maior para compensar perdas. O grout do selo de fundo pode ser injetado através de hastes de sondagem ou de um tubo auxiliar (tremie) com diâmetro interno de, pelo menos, 1/2”;

- Imediatamente acima do grout, o furo deverá ser preenchido com reaterro do tipo solo cimento ou até mesmo grout;
 - Todos os dados pertinentes à instalação dos instrumentos deverão ser registrados em boletins específicos. A Figura 12.1 apresenta o perfil esquemático do Piezômetro Casagrande.
- Etapa 3 – Acabamento final
 - Na superfície, deverá ser deixada uma ponta de tubo de 1,00 m de altura, munida de tampa com rosca ou encaixável para que possa permitir as leituras posteriores;
 - O instrumento deverá ser identificado com placa contendo: nome, coordenadas, cota de boca e fundo, executor e data de instalação;
 - Deverá ser instalada proteção superficial para proteger os piezômetros contra danos acidentais e/ou vandalismo. Em locais com grande circulação de animais, deverá ser providenciada uma cerca nos arredores do instrumento.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

60/96

Nº DF+

DF19-263-1-EG-ETC-0002

REV.

2

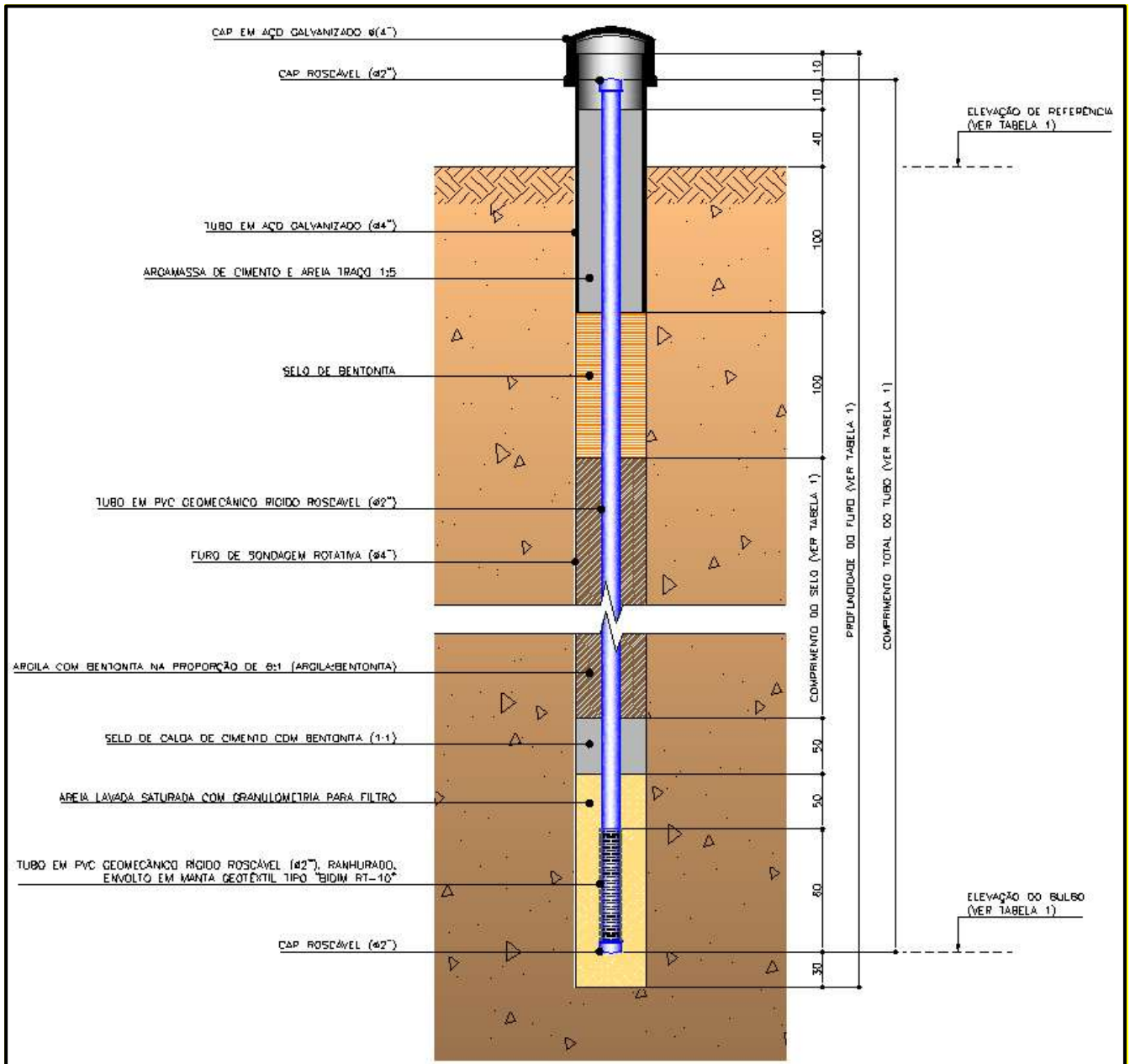


Figura 12.1 – Perfil esquemático do Piezômetro.

12.2 INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA (INA)

12.2.1 Identificação

Os INA's deverão ser identificados pelas letras INA, seguidas de número indicativo com dois dígitos subsequentes referentes ao número do instrumento e respectivas profundidades entre parênteses, conforme especificado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 61/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

12.2.2 Equipamentos e Acessórios Principais:

- Tubos de PVC rígido de diâmetro de 2” ou tubo geomecânico de igual diâmetro;
- Tubos de PVC rígido de diâmetro de 2” preparados para trecho em filtro de comprimento variável, com furos de diâmetro 1/16”, dispostos em seções espaçadas de 4,0 cm, contendo oito furos diametralmente opostos em cada seção, protegidos por tela ou manta geotêxtil, ou alternativamente, filtro geomecânico. Alternativamente, poderá optar por ranhuras de aproximadamente 1,0 mm de espessura, 6,0 mm de comprimento e espaçamento de 8,0 cm, executadas em 4 faces de tubo e dispostas alternadamente para o trecho do filtro;
- Centralizadores;
- Areia graduada e lavada com granulometria entre 0,5 e 2,0 mm;
- Bentonita (pó);
- Cimento tipo Portland;

12.2.3 Cuidados Preventivos

Não é recomendado o uso de lamas com bentonita ou similares, para assegurar a estabilidade da parede durante a execução do furo, por afetar, adversamente, as leituras e a eficiência dos instrumentos. Como forma alternativa de se evitarem desmoronamentos excessivos, deverão ser instalados, provisoriamente, tubos como revestimentos que serão retirados no momento da instalação dos medidores.

Profundidades onde houverem perdas excessivas de fluido durante a perfuração e detalhes relacionados às atividades de instalação dos instrumentos deverão ser devidamente registradas no boletim de sondagem e/ou no boletim de resumo de instalação dos instrumentos.

As condições finais de perfuração e o perfil dos materiais encontrados em cada furo programado para instalação dos instrumentos deverão ser comparados com as condições previamente esperadas. Caso haja diferenças significativas em relação às condições previamente antecipadas, o projeto de instalação deverá ser revisto ou replanejado.

As paredes dos furos deverão estar estáveis e o mesmos livres de substâncias como óleos e graxas e/ou fluido de sondagem que poderão interferir nas leituras e/ou a instalação dos indicadores.

A profundidade final atingida pela sondagem/perfuração e as condições/especificações dos materiais para instalação dos indicadores deverão estar de acordo com as especificações estipuladas para este tipo de instrumento.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 62/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

12.2.4 Etapas executivas

- Etapa 1 – Execução dos Furos
 - Os furos para instalação dos INA's deverão ser locados através de meios topográficos, observando-se as coordenadas indicadas no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138;
 - Deverá ser levantada a cota da boca do tubo dos INA's, cota da superfície do terreno na base do mesmo e as coordenadas de campo;
 - Após a conclusão do furo, o mesmo deverá estar limpo e manter suas paredes estáveis.
 - Os resultados dos serviços de perfuração deverão estar devidamente registrados nos boletins de sondagens que serão entregues ao final da perfuração.
 - Todos os instrumentos deverão ser instalados à medida em que o aterro atingir as bermas nas quais os topos dos mesmos encontram-se locados.

- Etapa 2 – Instalação dos indicadores de nível d'água
 - Os INA's somente serão instalados nos furos de sondagem nas condições de limpeza e estabilidade das paredes do furo. Qualquer anormalidade ou diferença das condições esperadas deverá ser registrada no resumo de instalação do instrumento e prontamente notificada à FISCALIZAÇÃO, para que sejam tomadas providências e decisões sobre sua instalação.
 - Durante a instalação, cuidados especiais deverão ser tomados para se evitar que sujeira e materiais indesejáveis caiam dentro do furo. Caso isto aconteça, a critério da FISCALIZAÇÃO, será solicitada uma nova limpeza do furo ou a abertura de um novo furo para a instalação do instrumento.
 - Inicialmente, deve-se preencher o fundo do furo com areia lavada e graduada entre as granulometrias de 2,00 mm e 0,50 mm. Este intervalo deverá ter altura variando de 30,0 a 50,0 cm e servirá de base para assentar o tubo que constitui o conduto para medida do nível d'água. No caso dos furos revestidos, esta operação será realizada simultaneamente com a retirada do revestimento.
 - O corpo do medidor de nível d'água é constituído por um filtro geomecânico, ou alternativamente, por um tubo de PVC de diâmetro de 2" com paredes perfuradas em linhas de furos de diâmetro de 1/16". Estas linhas serão espaçadas a cada 8 cm, desde sua base até, aproximadamente, a altura correspondente a 50,0 cm abaixo da superfície do terreno no local onde o instrumento será instalado. Cada linha de furos contará com um mínimo de oito furos diametralmente opostos para facilitar sua execução, envoltos por tela ou manta geotêxtil.
 - Os tubos poderão ser unidos por luvas coladas ou de rosca. Na base do tubo, deverá existir um tampão que também poderá ser colado ou rosqueado.
 - A areia graduada e lavada entre as granulometrias de 2 mm e 0,50 mm deverá preencher o espaço anelar entre o tubo e as paredes do furo, desde

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 63/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

sua base até, aproximadamente, 50,0 cm abaixo da superfície do terreno no local onde o instrumento será instalado. Este procedimento, poderá ser executado manualmente, despejando-se a areia entre o tubo e as paredes do furo. A areia deverá ser bem arredondada e limpa, livre de matéria orgânica, resíduos, etc.

- No caso do furo estar revestido, o preenchimento com areia será realizado à medida que o revestimento for sacado. Esta operação deverá ser cuidadosamente executada para evitar falhas e imperfeições no pré-filtro provocadas por desmoronamentos das paredes do furo.
 - Imediatamente acima do revestimento com areia, deverá ser colocada a calda de cimento e bentonita (grout), que funcionará como selo superficial.
 - Todos os dados pertinentes à instalação dos instrumentos deverão ser registrados em boletins específicos. A Figura 12.2 apresenta o perfil esquemático do Indicador de Nível d'Água.
- Etapa 3 – Acabamento final
 - Na superfície, deverá ser deixada uma ponta de tubo de 1,00 m de altura, munida de tampa com rosca ou encaixável para que possa permitir as leituras posteriores;
 - O instrumento deverá ser identificado com placa contendo: nome, coordenadas, cota de boca e fundo, executor e data de instalação;
 - Uma proteção superficial deverá ser providenciada para proteger os medidores de nível d'água contra danos acidentais e/ou vandalismo. Em locais com grande circulação de gado, deverá ser providenciada uma cerca nos arredores do instrumento.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

64/96

Nº DF+

DF19-263-1-EG-ETC-0002

REV.

2

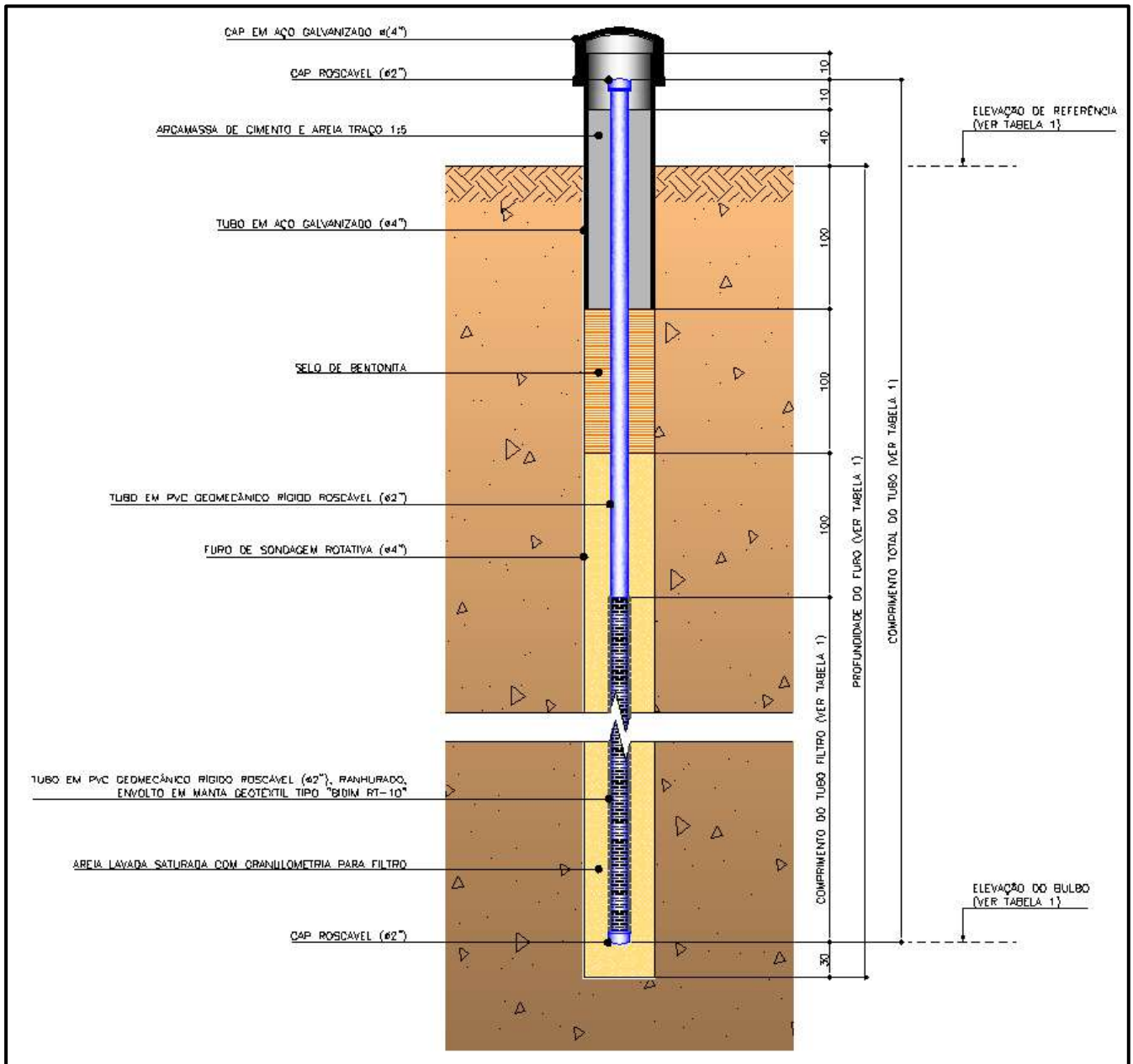


Figura 12.2 – Detalhe típico de um Indicador de Nível d'Água.

- Etapa 4 – Teste de Funcionamento

Após o indicador de nível d'água ter sido instalado, o mesmo deverá ser limpo com circulação de água limpa, por gravidade. A água utilizada deverá ser isenta de sólidos em suspensão. Após a instalação ter sido verificada pela FISCALIZAÇÃO, deverá ser executado ensaio para verificar o funcionamento do INA.

O ensaio de verificação de funcionalidade (teste de vida) do instrumento consistirá em preencher o instrumento com água até a boca, observando a descida do nível de água no

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 65/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

interior do tubo. As leituras de acompanhamento da descida do nível de água obedecerão ao seguinte critério:

- Leitura a cada minuto, nos primeiros 5 minutos;
- 2 leituras de 5 em 5 minutos;
- 3 leituras de 15 em 15 minutos; e
- Posteriormente, a cada hora até atingir a estabilização.

Observação: O horário das leituras deverá ser adequado preferencialmente para o período diurno de trabalho.

As leituras do nível de água serão executadas com medidor elétrico. Os dados coletados deverão ser inseridos em tabela e "plotadas" em gráfico.

O indicador de nível d'água será aceito como acabado, após a FISCALIZAÇÃO aprovar o teste de funcionamento. Caso o instrumento não atenda ao teste de funcionamento, e não seja aprovado pela FISCALIZAÇÃO, deverá ser substituído pela CONTRATADA, o qual deverá arcar com os custos da nova instalação.

A executora de instalação dos indicadores de nível d'água deverá emitir relatório, para aprovação pela FISCALIZAÇÃO, atestando a instalação e o seu funcionamento, constando:

- Perfil do terreno (maciço);
- Esquema de instalação com a posição dos selos, trechos perfurados, elevação de instalação, etc.;
- Locação e nivelamento da "cota de boca" do INA;
- Tabelas e gráficos de leituras do teste de funcionamento.

Todos os dados pertinentes à instalação dos indicadores deverão ser registrados em boletins de instalação dos instrumentos ou em quadro resumo de instalação.

12.3 MARCOS SUPERFICIAIS (MS)

Os marcos superficiais (MS) serão empregados no monitoramento de recalques superficiais do maciço. A Figura 12.3 apresenta o perfil esquemático do Marco Superficial.

Os MSs deverão ser instalados sobre as bermas do alteamento após sua construção para monitoramento de recalque da nova estrutura, conforme detalhes e locações apresentadas no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 66/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

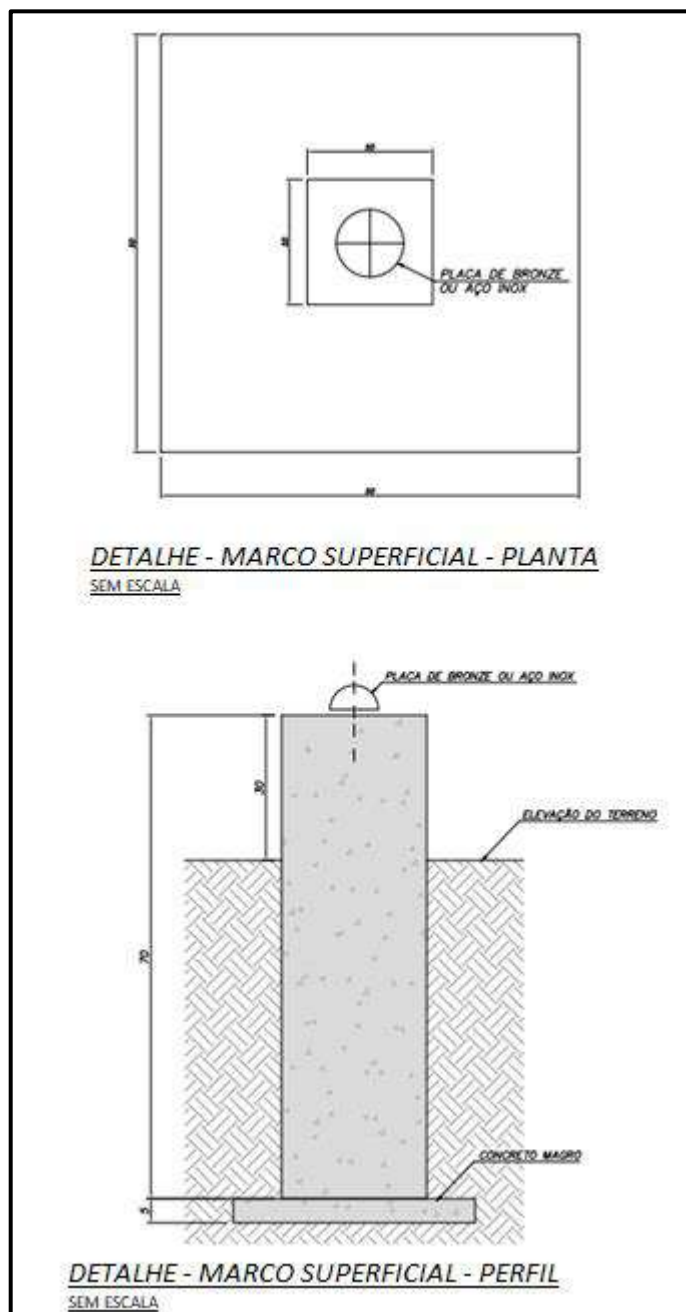


Figura 12.3 – Detalhe típico de um Marco Superficial.

12.3.1 Equipamentos e Acessórios Principais

- Poço com diâmetro de 50 cm por 250 cm;
- Concreto para preenchimento do poço;
- Chapa metálica, cuja finalidade é servir de apoio para uma mira de aço ou baliza com prisma de reflexão;
- Placa de identificação do instrumento.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 67/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

12.3.2 Método Executivo

- No local determinado pelo projeto, será aberta uma perfuração com, aproximadamente, 50 cm de diâmetro por 250 cm, onde será instalada a haste do MS;
- Em seguida, tomando-se o cuidado de nivelar o fundo do poço, será lançado o concreto com $f_{ck} = 15$ MPa;
- Fixar a chapa metálica centralizada no topo do concreto, para permitir o apoio dos instrumentos que farão as leituras;
- Após a instalação do MS, o instrumento será aprovado se não apresentar movimento quando submetido a um esforço manual. Após esta verificação, que deve respeitar a cura do concreto, será tomada a leitura inicial (L_0);
- O MS que não atender às condições acima discriminadas será considerado “não conforme”, devendo ser reinstalado. A leitura inicial (L_0) somente poderá ser feita após a aprovação do MS pela FISCALIZAÇÃO;
- Depois de executado o instrumento, as coordenadas e elevação do mesmo, no seu contato com a superfície do terreno, devem ser levantadas por topografia e registradas nos boletins de campo;
- Também deverá ser providenciada a devida identificação em campo do instrumento com número, coordenadas, cota, executor e data de instalação.

12.4 MEDIDOR DE VAZÃO (MV)

A jusante da descarga do colchão/tapete drenante, deverá ser instalado, pela CONTRATADA, um medidor de vazão (MV-01). Outro medidor de vazão (MV-02) deverá ser instalado a jusante da saída do extravasor atual. Para locação dos mesmos, ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138 e DF19-263-1-EG-DWG-0141.

Caberá à CONTRATADA o fornecimento do material a ser construído o MV, nas dimensões definidas em projeto, e implantação da estrutura necessária à sua instalação no campo.

12.5 RÉGUA LINIMÉTRICA

No emboque do extravasor deverá ser implantada a régua linimétrica conforme desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 68/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

13.0 DISPOSIÇÃO DE REJEITOS

O plano de disposição de rejeito encontra-se apresentado no relatório técnico DF19-263-1-EG-RTE-0002.

14.0 CANAL DE LAMAS

14.1 ESCAVAÇÕES, CARGA, ESTOCAGEM E TRANSPORTE DE MATERIAIS

Este item estabelece as diretrizes gerais para a execução das atividades de escavação, carga e transporte de solos relacionadas ao alteamento da Barragem BR, incluindo tratamento de fundação, obtenção de materiais de construção (área de empréstimo) e serviços de infraestrutura para a realização das obras – abertura de acessos, implantação de canteiros de obras e outros.

A seguir são apresentadas as definições dos tipos de escavações previstas:

- Escavação Comum
 - Consiste na escavação de materiais terrosos em geral, incluindo solos argilosos e arenosos com ou sem cascalho, fragmentos soltos ou blocos de rocha que possuam volume igual ou menor que 1 m³ e qualquer outro material que possa ser escavado sem a necessidade do uso de explosivos ou do emprego de tratores tipo CAT D6 ou similar munidos de escarificadores hidráulicos;
 - A classificação deste material será efetuada, quando já não especificada no projeto pela PROJETISTA (projeto ou plano de exploração de áreas de empréstimo), pela FISCALIZAÇÃO e EQUIPE TÉCNICA, sendo considerados os argumentos da CONTRATADA. Na classificação não será feita distinção entre materiais secos, úmidos, alagados, duros ou moles, fofos ou compactos.
- Escavação por Escarificação
 - Compreende a remoção de rocha decomposta, que exige a utilização de tratores de esteira tipo CAT D6 ou similar, equipados com escarificadores hidráulicos;
 - Inclui-se, nesta classificação, a remoção de matacões com diâmetro acima de 1,00 m, que não exija o emprego sistemático de explosivos e utilização de equipamento completo de perfuração;
- Escavação Confinada
 - Consiste na escavação e remoção de blocos rochosos, areia, solo ou materiais decompostos oriundos de fendas, falhas e cavidades, dentro ou

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 69/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

além do alinhamento da escavação, quando o emprego de ferramentas e métodos manuais for necessário;

- Em Trincheiras ou Valas
 - Consiste em escavações comuns caracterizadas em projeto como trincheiras ou valas, realizadas com equipamentos tipo retroescavadeira, dragline ou clamshell, em locais onde a largura da escavação for inferior a 3,5 m.

A CONTRATADA deverá elaborar um plano de escavação e submeter à FISCALIZAÇÃO, para sua liberação e posterior início das atividades. O plano de escavação deverá indicar as estradas de serviço, frentes de trabalho, cronograma detalhado de execução, produções mensais previstas, áreas de bota fora ou estoque, relação de equipamentos e os métodos a serem utilizados.

A CONTRATADA deverá executar todas as escavações nos alinhamentos, taludes e dimensões especificados, conforme os desenhos de projeto.

A CONTRATADA notificará a FISCALIZAÇÃO antes de iniciar qualquer escavação, de forma que haja tempo suficiente para a FISCALIZAÇÃO realizar as devidas verificações, via levantamento topográfico.

Durante a execução dos trabalhos, as condições geológico-geotécnicas encontradas poderão exigir ajustes do projeto quanto aos alinhamentos, níveis de fundação, taludes e dimensões indicados nos desenhos de projeto. Sempre que tais ajustes se mostrarem necessários, caberá à CONTRATADA informar à FISCALIZAÇÃO para que a PROJETISTA seja acionada para execução das modificações nos desenhos de projeto.

A CONTRATADA tomará todas as precauções indispensáveis para não danificar quaisquer materiais abaixo e além das linhas de escavações. Quaisquer danos causados pelos trabalhos na área de escavação ou por quaisquer outras atividades da CONTRATADA deverão ser por esta, reparados às suas expensas. Qualquer escavação fora dos alinhamentos mostrados nos desenhos de projeto, exceto onde autorizado pela FISCALIZAÇÃO, será considerada como serviço não autorizado e deverá receber tratamento a ser determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Todas as escavações que ficarem permanentemente expostas deverão apresentar taludes estáveis, superfícies bem-acabadas, regulares e com drenagem adequada, conforme estabelecido nos desenhos de projeto.

A CONTRATADA deverá escavar, separadamente, os materiais destinados a várias utilizações, mediante métodos apropriados, previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO. Os materiais escavados serão colocados diretamente nos locais de destino ou serão estocados para uso futuro. Outras aplicações dos materiais provenientes das escavações deverão ser aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 70/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

O material excedente ou imprestável, devido à má qualidade, deverá ser objeto de deposição em locais previamente indicados pela FISCALIZAÇÃO, no sentido de não prejudicar a utilização da área ou a paisagem regional. Esta paisagem deverá ser sempre preservada e/ou recomposta durante todo o período de execução da obra.

14.1.1 Bota Fora

Os materiais escavados considerados inadequados serão destinados a áreas de bota fora. As áreas de bota fora serão definidas pela CONTRATANTE, devendo estar aderentes às diretrizes aqui estabelecidas.

A CONTRATADA tomará precauções para que o material depositado não venha a causar danos às áreas e obras adjacentes – deslizamento, erosão e outros fenômenos instabilizantes. Deverão ser previstos sistema de drenagem superficial e proteção de taludes para bota fora(s).

Os aterros de bota fora deverão apresentar taludes estáveis, não mais íngremes do que 2H:1V, salvo quando indicado o contrário. Qualquer reparo para desobstrução das áreas afetadas por eventuais desmoronamentos será executado pela CONTRATADA.

A CONTRATADA deverá prever, em seu planejamento, que os materiais sejam dispostos pelo processo de lançamento em ponta e espalhados através da utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem, constituídos basicamente de tratores de esteiras.

Também deverá ser previsto o eventual zoneamento dos materiais no lançamento em ponta, de forma a obter taludes mais estáveis e melhor aparência estática, ou visando a utilização futura.

14.2 ATERRO COMPACTADO - GENERALIDADES

Para a conformação do canal, no alinhamento do mesmo, é previsto a utilização de solo compactado. Este solo pode ser proveniente do material retirado na escavação do próprio canal ou de outras áreas a serem definidas pela Mosaic e deve ser utilizado seguindo as considerações abaixo.

Além do canal de lamas, para os acessos também é previsto maciço de solo compactado que deve seguir as mesmas considerações indicadas.

14.2.1 Generalidades

O maciço de solo compactado, os acessos e o canal de lamas deverão ser construídos de acordo com os devidos projetos executivos. De forma geral, devem seguir as seguintes considerações.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 71/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

14.2.2 Características Requeridas

O maciço de solo compactado deverá apresentar características de resistência, deformabilidade e permeabilidade, que permita o pleno desenvolvimento de suas funções durante o período operacional da barragem.

A indicação da aplicação de materiais de diferentes áreas de empréstimos no maciço da barragem deverá ser acompanhada pela FISCALIZAÇÃO e o ATO da obra, devendo ser considerada a premissa de materiais de menor permeabilidade a serem empregados.

14.2.3 Teores de Umidade

Os materiais, em cada camada do maciço, deverão possuir teores de umidade dentro dos limites especificados, necessários à obtenção dos pesos específicos requeridos.

As faixas de desvio dos teores de umidade, dentro da qual deverão se situar todos os resultados dos ensaios de controle, é de $-2,0$ a $+2,0\%$ para solos argilosos e $-2,0\%$ a $+3,5\%$ para os solos saprolíticos de textura siltosa.

Os desvios do teor de umidade acima referidos são iguais à diferença entre os teores de umidade obtidos na praça de compactação e os teores ótimos de umidade obtidos nos ensaios de compactação executados de acordo com o ensaio de Proctor Normal da Norma NBR-7182 da ABNT, aplicado sem a secagem prévia.

As faixas de desvio especificadas acima poderão sofrer modificações, a critério exclusivo da FISCALIZAÇÃO, antes e/ou durante o decorrer da obra, em função dos resultados iniciais obtidos na execução dos aterros.

O controle da umidade deverá ser efetuado pela CONTRATADA através de métodos rápidos que serão estabelecidos antes do início da construção.

14.2.4 Homogeneidade

Dentro da zona de solo, o maciço deverá ser homogêneo, quanto ao desvio de umidade e ao grau de compactação. Também as camadas individuais deverão sempre apresentar homogeneidade quanto aos teores de umidade e graus de compactação, inclusive entre o topo e a base das mesmas.

14.2.5 Lançamento e Espalhamento das Camadas

A colocação do material no maciço somente deverá ser iniciada após inspeção e liberação, pela FISCALIZAÇÃO, da área para lançamento.

Durante a colocação dos materiais deverá ser evitada a formação de lentes, bolsões e camadas contínuas de material que defiram, substancialmente, do material circundante em textura e características.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 72/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

A operação de espalhamento deverá ser feita de modo que seja obtido aterro homogêneo, tanto em relação à umidade quanto à textura e características do solo. Fica determinado que as operações de lançamento e espalhamento sejam feitas paralelamente ao eixo longitudinal do maciço. As praças de trabalho do maciço deverão ser mantidas aproximadamente em nível, com inclinações suaves, que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

As superfícies deverão ser inclinadas de tal forma que as águas superficiais não sejam conduzidas às transições e ao filtro de areia, evitando-se com isso possíveis contaminações. Após o lançamento, os materiais deverão ser espalhados em camadas aproximadamente horizontais. A espessura das camadas deverá ser controlada por equipes de topografia.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir alterações nos métodos de lançamento e espalhamento, sempre que isso proporcione melhorias qualitativas.

O tráfego dos equipamentos de transporte e espalhamento deverá ser dirigido de modo que sua carga seja uniformemente distribuída sobre a superfície das áreas de trabalho.

Durante as operações de lançamento e espalhamento, a CONTRATADA deverá manter, nas áreas de compactação, pessoal necessário para remover raízes, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados, das áreas de trabalho.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir a remoção de quaisquer quantidades de materiais colocados nas áreas de compactação, desde que não possuam as características especificadas.

Depois de espalhadas, as camadas deverão ter espessura de **25cm (camada solta)**. Em locais inacessíveis aos rolos compactadores, onde será necessário o uso de compactadores mecânicos manuais, as camadas de solo solto deverão ser espalhadas com espessuras que não excedam 15cm.

14.2.6 Proteção e Tratamento de Superfícies nas Paralisações

Qualquer junta que a CONTRATADA jogar necessária, durante a execução do serviço deverá ser submetida à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Os desníveis de mais de cinco camadas serão considerados como juntas de construção e, portanto, só poderão ser executados até um desnível máximo de 4,0 metros.

As juntas de construção em solo deverão ser protegidas adequadamente, a critério da CONTRATADA, por métodos e com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Todas as juntas de construção, antes do lançamento do aterro sobrejacente, deverão ter suas camadas superficiais removidas até uma profundidade onde o aterro subjacente apresente compactação aceitável, a critério da FISCALIZAÇÃO. Os materiais afetados pelas trincas de ressecamento deverão ser totalmente removidos da superfície da junta.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 73/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

As superfícies finais assim obtidas serão escarificadas e umedecidas, camada por camada, objetivando a perfeita ligação dos aterros adjacentes. Em caso de ocorrência de erosões, a CONTRATADA deverá recompor as superfícies, às suas expensas.

A execução de juntas de construção transversais ao eixo da barragem deverá ser evitada. Eventuais juntas transversais que se mostrarem necessárias estarão sujeitas à aprovação prévia da FISCALIZAÇÃO.

A superfície das juntas de construção em solo deverá ter uma inclinação máxima igual a 1V:3H, ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Se durante os trabalhos anunciarem-se chuvas intensas, deverá ser completada rapidamente, nos maciços, uma compactação superficial (selagem), com rolo, liso ou de pneus liberado pela FISCALIZAÇÃO. No reinício dos trabalhos, esta camada deverá ser escarificada e tratada antes da colocação da camada seguinte.

14.2.7 Correção e Homogeneização do Teor de Umidade

Os materiais aproveitáveis existentes nas escavações obrigatórias (e/ou áreas de empréstimo) e eventualmente estocados acusam variações de teor de umidade natural em função da época do ano sob o efeito das chuvas e das conseqüentes oscilações do nível freático. Chama-se especial atenção da CONTRATADA para que, na elaboração do Cronograma de Construção e do programa de utilização das áreas de exploração, bem como na escolha dos equipamentos de terraplenagem, seja levado em consideração este fato.

Sempre que o teor de umidade do solo não estiver dentro das faixas especificadas para a compactação, deverá ser corrigido até que sejam obtidos os valores especificados.

Quando os teores de umidade dos solos estiverem acima da faixa especificada para a compactação (-2,0 a +2,0%) para solo argiloso e (-2 a +3,5%) para solo saprolítico siltoso, a secagem do material deverá ser feita no local de exploração ou praça de trabalho por processos adequados, escolhidos pela CONTRATADA e submetidos à liberação da FISCALIZAÇÃO.

Quando da utilização de solo saprolítico de textura siltosa, a FISCALIZAÇÃO poderá optar por não gradear (desagregar) este material, observando o comportamento deste na praça de trabalho, frente as suas propriedades reliquias característica de solos saprolíticos, evitando a redução de resistência e o amalgamento do solo pela desagregação dos grumos.

Quando os teores de umidade dos solos forem menores que os da faixa especificada para a compactação, deverão ser corrigidos no local de exploração, utilizando-se métodos adequados liberados pela FISCALIZAÇÃO.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 74/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

14.2.8 Compactação e Equipamentos Requeridos

Desde que a umidade da camada espalhada esteja dentro da faixa especificada, deverão ser iniciadas, após o nivelamento da camada, as operações de compactação, com os rolos se movendo paralelamente ao eixo longitudinal do maciço. Cada passada do rolo compactador deverá cobrir total e uniformemente a área a ser compactada. Em hipótese alguma deverá ser permitida a utilização de vibração nos rolos durante a compactação.

Para o maciço compactado do núcleo da barragem, o grau de compactação (GC) médio requerido será de 98%, sendo aceitável desvio de $\pm 3\%$ em relação ao Proctor Normal. A compactação deve ser a mais uniforme possível.

Seguem abaixo algumas condições adicionais para garantir o controle estatístico da obra:

- nenhum ponto de controle poderá apresentar GC < 95%;
- nenhum ponto de controle poderá apresentar GC > 101%;
- a umidade do aterro, a ser verificada em todos os pontos de controle, deverá estar situada entre $hót -2\%$ e $hót +2\%$, sendo “hót” a umidade ótima determinada no ensaio de Proctor Normal.

A frequência para o controle estatístico da compactação deverá ser quinzenal. Nesse controle, o grau de compactação médio, a ser determinado, poderá variar entre 95% e 101%, e o desvio padrão em cada distribuição deverá ser de até + 1,5 %. Constatando-se valores fora do especificado, medidas deverão ser tomadas visando a adequação dos métodos construtivos a fim de alcançar a desejada qualidade do aterro.

A compactação dos materiais terrosos deverá ser realizada por rolos pés-de-carneiro sem vibração, com velocidade de trabalho não superior a 5km/h.

Como alternativa, a CONTRATADA poderá apresentar à apreciação da FISCALIZAÇÃO outro tipo de equipamento não limitado aos sugeridos nesta especificação para execução da compactação. Os equipamentos deverão ser testados em aterros experimentais, que poderão ser localizados no próprio maciço do aterro.

Para a compactação de uma camada, as passagens sucessivas do rolo deverão estar separadas por distâncias iguais as existentes entre as filas consecutivas de patas nos rolos pés-de-carneiro, de modo que seja obtida uma compactação uniforme em toda a área. Cuidados especiais deverão ser tomados para que seja garantida uma perfeita ligação entre camadas contíguas.

Nos locais onde não seja possível o uso de rolos, a compactação será feita com compactadores mecânicos manuais. Nestes casos, a espessura da camada solta será no máximo de 15 cm, devendo ser estabelecida pela CONTRATADA uma norma geral quanto à mínima cobertura da área com o tipo de compactador. Será necessária uma inspeção visual cuidadosa, complementada com ensaios de campo, para a verificação da eficiência dessa compactação.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 75/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

Depois de compactada, a camada de filtro vertical ou da transição, deverá ser efetuada a compactação do contato destas zonas por meio de duas passadas do rolo numa faixa de largura igual à do rolo.

14.2.9 Tratamentos Adicionais e Recompactação

Após a conclusão da compactação da camada em construção, antecedendo o lançamento da camada seguinte, é recomendado a escarificação superficial de forma a eliminar as marcas das patas dos rolos tipo pé de carneiro. É importante salientar que esta atividade visa, exclusivamente, a eliminação das marcas das patas dos rolos, devendo, portanto, se evitar que os discos do escarificador penetrem na camada compactada além do fundo das marcas das patas.

Para os solos das fundações e solos do maciço compactado, constatando-se, após a compactação, estar lisa a superfície de uma camada ou área, deverá ser a mesma escarificada com grades de disco ou outro equipamento apropriado, previamente ao lançamento de uma nova camada. Em nenhuma hipótese poderão ser lançadas camadas em superfícies lisas. Após a escarificação, deverão ser feitos o destorroamento, a correção de umidade (se necessária) e a homogeneização do material escarificado solto para a melhor ligação de cada camada com a camada seguinte.

A laminação deverá ser evitada. Caso ocorram camadas laminadas nos locais de tráfego concentrado de equipamentos de terraplenagem, elas deverão ser removidas. Serão também removidas quaisquer camadas em que se apresentem “borrachudos” (ondulações devido à deformação plástica causada pela passagem dos equipamentos de terraplenagem sobre solos com excesso de umidade).

Nos casos em que a densidade do solo compactado estiver abaixo de valores considerados adequados pela FISCALIZAÇÃO, deverão ser dadas passadas adicionais com rolo pé-de-carneiro especificado, até se atingir, pelo menos, o valor mínimo de grau de compactação especificado.

14.2.10 Controle Geral de Compactação

O controle geral da compactação será feito através de acompanhamento permanente e inspeção visual das diversas operações de escavação, carregamento, transporte, lançamento, espalhamento, umidificação, homogeneização e compactação.

Na inspeção visual, serão cuidadosamente observados:

- A escarificação, o destorroamento, a correção da umidade e a homogeneização do solo da superfície da camada compactada, suporte da camada seguinte;

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 76/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- A distribuição, nas áreas de trabalho, dos equipamentos de transporte, espalhamento e compactação para o controle da uniformidade da compactação;
- O tipo, a qualidade e as condições de umidade do material lançado;
- Os serviços de remoção de raízes, fragmentos de madeira, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados nas áreas de trabalho;
- Gradeamento para destorroamento e homogeneização do teor de umidade do material lançado;
- O espalhamento e o controle topográfico rigoroso da espessura de camada de solo a ser compactada;
- As condições e as características dos equipamentos de compactação: peso, comprimento das patas, espaçamento entre os tambores, etc.;
- Velocidade de operação dos rolos compactadores;
- O número de passadas dos rolos e a cobertura adequada da faixa durante a compactação;
- A espessura da camada após a compactação;
- A ocorrência de camadas ressecadas, fissuradas ou com fendas;
- As condições de trabalhabilidade do solo e a verificação da ocorrência de laminação, “borrachudo”, do revolvimento do solo pelas patas dos rolos, etc.;
- A ligação entre camadas de mesmo material ou de materiais diferentes;
- As inclinações das superfícies dos maciços de modo que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

Completadas as operações de lançamento, espalhamento e tratamento de umidade de uma camada, a CONTRATADA fará uma análise tátil visual.

Caso esta análise suscite qualquer dúvida a respeito da umidade, serão feitos ensaios prévios e expeditos, em número determinado a critério da FISCALIZAÇÃO. De posse dos resultados dos ensaios e da análise tátil visual, a FISCALIZAÇÃO liberará a camada para compactação ou exigirá novos tratamentos para a correção da umidade.

As camadas cujo grau de compactação for inferior ao mínimo especificado serão recompactadas, e aquelas cuja umidade estiver fora da faixa de desvio admitida serão abertas e novamente preparadas para compactação.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 77/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

A FISCALIZAÇÃO solicitará qualquer ensaio que julgar necessário para verificação da compactação. O estabelecimento dos tipos e métodos de ensaio, bem como a sua frequência e critérios de análise dos resultados, são de competência exclusiva da FISCALIZAÇÃO.

Em princípio, fica definido que o grau de compactação, juntamente com o teor de umidade das camadas compactadas, será verificado rotineiramente, segundo a seguinte frequência:

- para cada 500 m³ de material aplicado no maciço da barragem;
- nas junções entre zonas compactadas por sapo e rolo, junto às ombreiras e a quaisquer elementos rígidos construídos no interior dos maciços compactados;
- nas áreas onde os rolos fizerem manobras e/ou diminuïrem sua velocidade durante as operações de compactação;
- outros locais onde seja necessário.

Os ensaios de caracterização completa serão realizados para cada 2.000 m³ de material colocado na barragem.

A FISCALIZAÇÃO poderá sugerir alterações na frequência dos ensaios de comprovação, intensificando-os no início dos serviços e reduzindo-os na medida em que se estabelecer uma rotina na execução.

O grau de compactação será avaliado através da execução de ensaio de compactação pelo método desenvolvido por Jack W. Hilf, do *Bureau of Reclamation – USA* (Hilf, J.W. “*A Rapid Method of Construction Control for Embankments of Cohesive Soils*”, *Engineering Monograph* nº 26, Denver, Colorado, 1959).

Após a raspagem de aproximadamente 5,0 cm de solo compactado, no local do ensaio, a densidade do solo compactado será determinada por cravação de cilindro biselado de parede fina atingindo a camada subjacente, ou por qualquer outro método a ser submetido à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Serão abertos poços de inspeção nos maciços, para análise tátil e visual de suas paredes e, sempre que houver necessidade, para a extração de amostras indeformadas e verificações de juntas de construção e regiões do maciço cujas superfícies ficaram expostas ao tempo por longos períodos. Uma vez desempenhadas essas funções, os poços serão fechados, compactando-se conforme as determinações da CONTRATADA. Ressalte-se que, para a abertura destes poços de inspeção, poderá ser empregada escavadeira hidráulica, sendo as dimensões dos mesmos adequados por questões logísticas e/ou de segurança. Quando, em um poço, for solicitada a retirada de amostra indeformada, a escavação mecanizada deverá prosseguir até a cota de topo definida para o bloco. A partir deste ponto, a escavação passará a ser manual, de modo a permitir a retirada do bloco na dimensão estipulada (30x30x30 cm) e em conformidade com a norma técnica aplicável.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 78/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

14.2.11 Controle de Materiais

Conforme item anterior, ou a critério da FISCALIZAÇÃO, deverão ser retirados do maciço compactado amostras deformadas para caracterização completa, a cada 2.000 m³ ou em locais determinados.

Sobre estas amostras deverão ser executados os seguintes ensaios:

- Limite de liquidez;
- Limite de plasticidade;
- Granulometria com sedimentação;
- Compactação – Proctor Normal;
- Densidade e umidade naturais.

A CONTRATADA deverá manter à disposição na obra um laboratório contendo todos os equipamentos necessários à execução dos ensaios acima relacionados, seguindo as diretrizes da ABNT, bem como laboratorista especializado e pessoal de apoio.

O laboratório deverá estar disposto em instalações adequadas, com bancadas, fornecimento de água, energia e tudo o que for necessário à perfeita execução dos ensaios. O laboratório deverá ser implantado antes do início das obras e permanecer em operação até a conclusão dos aterros previstos no projeto.

14.3 CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Uma estrutura feita em concreto pré-moldado é aquela em que os elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes, tubos e outros, são moldados e adquirem certo grau de resistência, antes do seu posicionamento definitivo naquela estrutura.

Neste projeto, está previsto o uso de bueiro (BDTC, padrão DNIT) em elementos pré-moldados para a execução do bueiro sob o canal de lamas. A fabricação destes elementos deve estar de acordo com a NBR 9062/2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

Os detalhes para a fabricação dos elementos de concreto pré-moldado estão no documento DF19-263-1-EG-DWG-0090.

14.3.1 Recebimento

Na ocasião do recebimento das peças pré-moldadas de concreto, deverão ser verificadas se as dimensões e quantidades estão em acordo com o projeto detalhado.

Também deverão ser inspecionadas para verificar a existência de fissuras, trincas ou existência de danos nas bordas (lascadas). As peças não conforme não deverão ser empregadas na obra.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 79/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

As peças deverão ser armazenadas em locais planos. Deve-se ter cuidado durante a armazenagem para que as peças não sejam danificadas.

14.3.2 Assentamento

Escavação das valas: a escavação deverá ser mecânica com uso de escavadeiras e deverá seguir a declividade prevista no projeto.

Preparo do berço: o berço da vala escavada é preparado com uma base de 30 cm de areia a qual serão assentados os elementos pré-moldados. Essa base tem como finalidade dar suporte, evitando abatimento da rede. Na execução do berço deve ser observada a regularização da superfície como também a declividade prevista em projeto para a vala.

Assentamento das aduelas: as aduelas deverão ser assentadas com o auxílio de cabos de aço e da escavadeira. Ou guindaste, caso existente na obra. Devem ser cuidadosamente colocadas e alinhadas, antes de serem encaixadas.

Deve-se manusear os elementos com cuidado para não danificá-lo durante a instalação. Elementos não conformes não deverão ser empregados na obra.

Rejuntamento: as linhas de encontro das pontas com as bolsas entre as manilhas encaixadas são rejuntadas com argamassa, depois de assentadas. Essa argamassa de cimento e areia deverá ter o traço de 1:4, segundo especificação usual do DNIT Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

Reaterro: com as peças assentadas e rejuntadas é feito o reaterro, conforme projeto, sendo usados compactadores manuais a percussão para compactar camadas de até 30 cm até a cobertura da vala.

A espessura de aterro (cobertura) sobre os elementos pré moldados deverão ser executados conforme projeto detalhado.

14.4 CAMADAS DE TRANSIÇÃO

14.4.1 Requisitos Gerais

As camadas de transição serão aplicadas no contato do terreno natural e o enrocamento D50 =20 cm, na região do Bueiro, como função de dissipação e proteção. Os materiais considerados foram: areia e brita 3 com espessura de 30 cm cada. Entre a areia e a brita, é indicado geotêxtil, tipo Bidim RT 21. A execução da obra deve seguir o indicado no projeto detalhado (documento DF19-263-1-EG-DWG-0090).

As zonas dos materiais dos drenos deverão ser homogêneas, compactas, permeáveis e livres de contaminação de solos finos ou matérias orgânicas. Os materiais componentes da drenagem interna deverão ser constituídos por partículas duras e duráveis, obtidas de materiais rochosos isentos de detritos vegetais e de matéria orgânica e com porcentagem de finos (<#200) inferior a 5%.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 80/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

14.4.2 Lançamento e Espalhamento das Camadas

Cada camada da transição deverá ser lançada e espalhada horizontalmente através de equipamentos e meios apropriados. A espessura máxima de cada camada será de 30 cm, após a compactação.

O lançamento deve ser feito de tal forma que a fração mais fina da transição seja colocada junto à fração mais grossa, voltada para o enrocamento adjacente, ou seja, a brita 3 deve estar faceando o enrocamento e a brita 0, esta deve facear a areia e a mesma facear a magnetita ou o solo de fundação.

Deverão ser tomadas providências adequadas para que seja evitada a segregação do material.

Qualquer material estranho lançado nas zonas da transição e que possa interferir com suas propriedades não coesivas e livremente drenantes deverá ser cuidadosamente removido, às expensas da CONTRATADA, antes de se prosseguir na execução da camada seguinte. Estes trabalhos de remoção deverão ser realizados na extensão e na profundidade necessárias para alcançar o material limpo.

Deverão ser tomados cuidados especiais de modo a evitar a contaminação dos materiais pelos solos adjacentes.

O lançamento dos materiais de uma nova camada somente poderá ser realizado após a área de lançamento ter sido inspecionada e expressamente liberada pela FISCALIZAÇÃO.

14.5 CONCRETO ARMADO

No trecho final do canal de lamas é previsto canal em concreto armado. A especificação técnica para construção deste trecho deve seguir o indicado no documento DF19-263-1-CV-ETC-0002.

14.6 REVESTIMENTO VEGETAL

O tratamento previsto para os taludes de corte/aterro previstos para implantação do canal de lamas que apresentam altura superior a 5 metros deverá ser realizado através da aplicação de hidressemeadura seguido de uma camada de biomanta como material previsto para o revestimento vegetal (Ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0092).

14.6.1 HIDROSSEMEADURA

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 81/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

A CONTRATADA deverá executar a proteção do talude no prazo mais curto possível, após terem sido inspecionados e liberados pela FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA deverá ter um supervisor para cada frente de trabalho, que será responsável pelo total das operações de:

- Controle de qualidade das sementes empregadas.
- Controle de qualidade das operações de aplicação e manutenção da hidrossemeadura.
- Controle na operação de equipamentos e na utilização da mão-de-obra manual.

A CONTRATADA deverá incluir os equipamentos e toda a mão-de-obra necessária para aplicação da hidrossemeadura.

As sementes das espécies a serem empregadas na proteção dos taludes deverão conter referência à porcentagem de pureza e de poder germinativo e ainda à fonte de produção, para aprovação pela FISCALIZAÇÃO.

As sementes deverão ser constituídas de espécies adequadas à região e de acordo com a natureza dos solos dos taludes. A CONTRATADA deverá submeter previamente à CONTRATANTE, para sua aprovação, a relação das espécies a serem empregadas.

Além das sementes, para o sucesso da hidrossemeadura, deverão ser usados fertilizantes, corretivos para o solo e mulching calculados em função do tipo de solo, declividade e comprimento dos taludes.

Após o preparo dos taludes, deverá ser feita a aplicação da hidrossemeadura, onde deverão ser seguidas as instruções a seguir descritas, para proteção superficial do talude.

A CONTRATADA empregará todos os métodos de adubação, correção de pH do solo, plantio por hidrossemeadura, irrigação, etc., necessários ao perfeito funcionamento do sistema de proteção vegetal, de modo a evitar a erosão.

A CONTRATANTE poderá exigir a implantação da proteção proposta numa área experimental, de forma a confirmar a adequabilidade dos métodos propostos e aferir o tipo e dosagem de sementes, adubos e corretivos a serem utilizados.

A semeadura será feita com equipamento apropriado ou, na falta deste, por outro processo aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 82/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

A CONTRATADA, através de dispositivos de irrigação apropriados, deverá regar a proteção vegetal até a sua fixação, como também conservá-la livre de formigas e ervas daninhas, e reparar escorregamentos até o seu completo enraizamento e pega, até o recebimento definitivo pela FISCALIZAÇÃO.

As áreas onde houver falha na germinação e crescimento das sementes deverão receber reaplicação da hidrossemeadura tantas vezes quantas forem necessárias. O ônus da reposição da hidrossemeadura e conservação da vegetação até o recebimento correrá por conta da CONTRATADA.

14.6.2 BIOMANTA

A seguir é apresentado a especificação da biomanta a ser instalada:

- Material: fibras de monofilamentos prensados de polypropileno (PP);
- Densidade: 0,90 – 0,91 g/cm³;
- Espessura: 15 mm;
- Tamanho da malha variação de 1 – 20 mm: permeável para hidrossemeadura com fibras de matéria orgânica vegetal ajustadas e semente seca;
- Espaço vazio > 95%;
- Peso aprox.: 400 g/cm²;
- Durabilidade: não degradável;
- Estabilidade UV mín.: 4 anos.

15.0 SISTEMA EXTRAVASOR

15.1 ASPECTOS DE CONTROLE DURANTE A OBRA

Fazem parte desta etapa as seguintes atividades:

- Supressão Vegetal, Destocamento e Limpeza da região a ser implantada o canal;
- Escavações, Carga, Transporte de materiais e Aterro;
- Preparo e regularização do fundo do canal;
- Execução de drenagem superficial;
- Implantação de revestimento vegetal;
- Implantação do módulo de transição;
- Implantação de galeria em concreto;
- Execução do trecho em degraus do canal extravasor;
- Execução da bacia de dissipação;

Detalhes do projeto podem ser visualizados nos desenhos DF19-263-1-EG-DWG-0026 a DF19-263-1-EG-DWG-0035. O canal extravasor será realizado com trecho escavado em solo

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 83/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

natural a partir do emboque do mesmo, com revestimento em concreto projetado, indo ao encontro de trecho em galeria em concreto armado, realizando a transição para o trecho em canal rápido, em concreto armado de seção retangular.

É importante ressaltar que durante as atividades de obra, a barragem deverá ser monitorada diariamente, a partir dos níveis de controle da instrumentação. Ocorrendo qualquer alteração significativa, fora dos padrões de sazonalidade já observados historicamente, a obra deve ser paralisada e a PROJETISTA deve ser comunicada.

15.2 ESCAVAÇÕES, CARGA, ESTOCAGEM E TRANSPORTE DE MATERIAIS

Este item estabelece as diretrizes gerais para a execução das atividades de escavação, carga e transporte de solos relacionadas ao alteamento da Barragem BR, incluindo tratamento de fundação, obtenção de materiais de construção (área de empréstimo) e serviços de infraestrutura para a realização das obras – abertura de acessos, implantação de canteiros de obras e outros.

A seguir são apresentadas as definições dos tipos de escavações previstas:

- Escavação Comum
 - Consiste na escavação de materiais terrosos em geral, incluindo solos argilosos e arenosos com ou sem cascalho, fragmentos soltos ou blocos de rocha que possuam volume igual ou menor que 1 m³ e qualquer outro material que possa ser escavado sem a necessidade do uso de explosivos ou do emprego de tratores tipo CAT D6 ou similar munidos de escarificadores hidráulicos;
 - A classificação deste material será efetuada, quando já não especificada no projeto pela PROJETISTA (projeto ou plano de exploração de áreas de empréstimo), pela FISCALIZAÇÃO e EQUIPE TÉCNICA, sendo considerados os argumentos da CONTRATADA. Na classificação não será feita distinção entre materiais secos, úmidos, alagados, duros ou moles, fofos ou compactos.
- Escavação por Escarificação
 - Compreende a remoção de rocha decomposta, que exige a utilização de tratores de esteira tipo CAT D6 ou similar, equipados com escarificadores hidráulicos;
 - Inclui-se, nesta classificação, a remoção de matacões com diâmetro acima de 1,00 m, que não exija o emprego sistemático de explosivos e utilização de equipamento completo de perfuração;
- Escavação em Rocha a Céu Aberto

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 84/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

- Além dos serviços de desmatamento, destocamento e eventual raspagem das áreas, a serem realizados conforme especificado, o capeamento deverá ser completamente removido antes do início das escavações em rocha, dentro da área delimitada pela MOSAIC, que determinará também o destino final dos materiais resultantes da remoção. A superfície final do topo rochoso será inspecionada e liberada pela MOSAIC.
 - Esta classificação compreende as escavações em maciço rochoso, a céu aberto e de blocos de rocha com volume superior a 1 m³, nas quais serão empregados, de forma contínua, equipamentos de perfuração e explosivos.
- Em Trincheiras ou Valas
 - Consiste em escavações comuns caracterizadas em projeto como trincheiras ou valas, realizadas com equipamentos tipo retroescavadeira, dragline ou clamshell, em locais onde a largura da escavação for inferior a 3,5 m.

A CONTRATADA deverá elaborar um plano de escavação e submeter à FISCALIZAÇÃO, para sua liberação e posterior início das atividades. O plano de escavação deverá indicar as estradas de serviço, frentes de trabalho, cronograma detalhado de execução, produções mensais previstas, áreas de bota fora ou estoque, relação de equipamentos e os métodos a serem utilizados.

A CONTRATADA deverá executar todas as escavações nos alinhamentos, taludes e dimensões especificados, conforme os desenhos de projeto.

A CONTRATADA notificará a FISCALIZAÇÃO antes de iniciar qualquer escavação, de forma que haja tempo suficiente para a FISCALIZAÇÃO realizar as devidas verificações, via levantamento topográfico.

Durante a execução dos trabalhos, as condições geológico-geotécnicas encontradas poderão exigir ajustes do projeto quanto aos alinhamentos, níveis de fundação, taludes e dimensões indicados nos desenhos de projeto. Sempre que tais ajustes se mostrarem necessários, caberá à CONTRATADA informar à FISCALIZAÇÃO para que a PROJETISTA seja acionada para execução das modificações nos desenhos de projeto.

A CONTRATADA tomará todas as precauções indispensáveis para não danificar quaisquer materiais abaixo e além das linhas de escavações. Quaisquer danos causados pelos trabalhos na área de escavação ou por quaisquer outras atividades da CONTRATADA deverão ser por esta, reparados às suas expensas. Qualquer escavação fora dos alinhamentos mostrados nos desenhos de projeto, exceto onde autorizado pela FISCALIZAÇÃO, será considerada como serviço não autorizado e deverá receber tratamento a ser determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Todas as escavações que ficarem permanentemente expostas deverão apresentar taludes estáveis, superfícies bem-acabadas, regulares e com drenagem adequada, conforme estabelecido nos desenhos de projeto.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 85/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

A CONTRATADA deverá escavar, separadamente, os materiais destinados a várias utilizações, mediante métodos apropriados, previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO. Os materiais escavados serão colocados diretamente nos locais de destino ou serão estocados para uso futuro. Outras aplicações dos materiais provenientes das escavações deverão ser aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

O material excedente ou imprestável, devido à má qualidade, deverá ser objeto de deposição em locais previamente indicados pela FISCALIZAÇÃO, no sentido de não prejudicar a utilização da área ou a paisagem regional. Esta paisagem deverá ser sempre preservada e/ou recomposta durante todo o período de execução da obra.

15.2.1 Limpeza e Preparo do Terreno

A limpeza e preparo do terreno consistirá na remoção de material de origem orgânica, solos não consolidados, blocos de rocha e resíduos das áreas de interesse e implantação das obras.

A limpeza e preparo do terreno deverão ser realizados de forma gradativa conforme o avanço das atividades de escavação.

Para a implantação do alteamento, pode ser considerada a remoção total da camada de solo mole a jusante da barragem como indicado na planta de tratamento de fundação (DF19-263-1-EG-DWG-0110).

Ademais, foi considerada como limpeza do terreno, a escavação e remoção de 30 cm de solo orgânico e de materiais soltos do maciço. De forma alguma será permitida a implantação do alteamento sobre solo mole. Caso seja identificada tal camada, a qual não foi contemplada no projeto, a fiscalização deverá ser acionada.

Os locais de destino finais destes materiais deverão ser acordados com a FISCALIZAÇÃO, que deverá armazená-los considerando uso futuro ou não.

15.2.2 Enrocamento Selecionado – Estocagem

O enrocamento selecionado será utilizado no prolongamento da camada de enrocamento existente, até a face do talude do alteamento proposto neste projeto. Este material poderá ser estocado em área de estocagem a ser definida pela CONTRATANTE, devendo a área estar preparada para receber o material.

Havendo necessidade, este material poderá ser estocado em pilhas e sua construção deverá ser realizada mediante deposição do material e espalhamento deste em camadas, utilizando-se tratores de esteiras ou outros equipamentos previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO.

Os materiais serão depositados nas pilhas por métodos que garantam superfícies regulares, taludes estáveis e pilhas livres de contaminação. A estabilidade das pilhas de estoque será de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 86/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

Caso estes materiais sofram contaminação, este deverá ser descartado, pois não será permitida a aplicação destes na estrutura da barragem.

15.2.3 Materiais Granulares para Transição – Estocagem

Os materiais granulares a serem utilizados como camadas de transição para construção do alteamento da Barragem BR são: areia, brita 0 e brita 3.

Estes materiais deverão ser estocados em área a ser definida pela CONTRATANTE, devendo a área estar preparada para receber estes materiais. A estocagem poderá ocorrer através da formação de pilhas e deverá ser realizada mediante deposição do material e espalhamento deste em camadas, utilizando-se tratores de esteiras ou outros equipamentos previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO.

Como cada pilha será formada por um único tipo de material, não serão permitidas camadas de lastro com material diferente do material a ser estocado.

Os materiais serão depositados nas pilhas por métodos que garantam superfícies regulares, taludes estáveis e pilhas livres de contaminação. A estabilidade das pilhas de estoque será de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

Caso estes materiais sofram contaminação, este deverá ser descartado, pois não será permitida a aplicação destes na estrutura da barragem.

15.2.4 Tratamento de Fundação

Este capítulo trata dos serviços relativos ao preparo da fundação para construção do alteamento da barragem. A área delimitada que abrange o tratamento de fundação encontra-se apresentado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0110 e DF19-263-1-EG-DWG-0111.

Todos os materiais instáveis, de consistência mole, deverão ser removidos. Os taludes, naturais ou do maciço, que necessitarem de escavação deverão passar por prévia análise da projetista, para determinação da inclinação mínima.

Durante as escavações, a FISCALIZAÇÃO inspecionará os materiais e dará sua aprovação final nas cotas de escavação. A FISCALIZAÇÃO poderá exigir reparos na superfície final de escavação, a fim de se corrigir eventuais danos, caso julgue que a superfície de escavação não esteja em condições de receber o aterro, em virtude da inobservância dos cuidados aqui descritos.

A superfície de fundação deverá ser totalmente limpa, utilizando ferramentas manuais tais como pás, e outros equipamentos de escavação, além de jatos de ar ou ar e água, em toda a área mostrada nos desenhos de projeto ou determinada pela FISCALIZAÇÃO, a fim de se remover todo o material inadequado, pequenas depressões e outras irregularidades superficiais.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 87/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

A superfície de escavação não deverá ficar exposta por muito tempo antes do lançamento do aterro, a critério da FISCALIZAÇÃO. O último metro das escavações somente deverá ser executado imediatamente antes do lançamento do aterro.

Durante a execução desta etapa, haverá a necessidade de controle dos fluxos de água observados a partir da saída da drenagem interna da Barragem BR. A correta execução deste serviço é fundamental para o desenvolvimento da obra.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 88/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

15.2.5 Bota Fora

Os materiais escavados considerados inadequados serão destinados a áreas de bota fora. As áreas de bota fora serão definidas pela CONTRATANTE, devendo estar aderentes às diretrizes aqui estabelecidas.

A CONTRATADA tomará precauções para que o material depositado não venha a causar danos às áreas e obras adjacentes – deslizamento, erosão e outros fenômenos instabilizantes. Deverão ser previstos sistema de drenagem superficial e proteção de taludes para bota fora(s).

Os aterros de bota fora deverão apresentar taludes estáveis, não mais íngremes do que 2H:1V, salvo quando indicado o contrário. Qualquer reparo para desobstrução das áreas afetadas por eventuais desmoronamentos será executado pela CONTRATADA.

A CONTRATADA deverá prever, em seu planejamento, que os materiais sejam dispostos pelo processo de lançamento em ponta e espalhados através da utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem, constituídos basicamente de tratores de esteiras.

Também deverá ser previsto o eventual zoneamento dos materiais no lançamento em ponta, de forma a obter taludes mais estáveis e melhor aparência estática, ou visando a utilização futura.

15.3 CONCRETO ARMADO

Os trechos do extravasor em concreto armado devem atender a especificação técnica indicada no documento DF19-263-1-CV-ETC-0003.

15.4 CONCRETO PROJETADO

Concreto projetado é uma mistura de cimento, areia, pedrisco, água e aditivos, conduzidos por ar comprimido desde o equipamento de projeção até o local de aplicação através de mangotes.

O revestimento da parede será em concreto projetado, espessura de 0,08m, com uma malha de tela soldada, onde serão fixados os grampos. O concreto deve ser aplicado por via seca ou via úmida sobre a superfície a ser revestida através de bombeamento e jateamento contínuo.

O concreto deve atender aos seguintes requisitos:

- Consumo de cimento entre 350 kgf/m³ e 450 kgf/cm³ e de até 500 kg/cm³ para via úmida;
- Fator água-cimento compreendido entre 0,35 a 0,40 para via seca e 0,40 e 0,60 para via úmida;

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 89/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- Durante os testes iniciais, poderão ser necessários ajustes do fator água-cimento a fim de minimizar a reflexão excessiva que, eventualmente, ocorrer, desde que atenda aos demais parâmetros;
- Absorção de água por imersão e fervura, aos 28 dias de cura, $\leq 10\%$, conforme NBR 9778, calculado através da média de três corpos de prova; com nenhum valor individual superior a 12%;
- Penetração de água sob pressão, aos 28 dias de cura, ≤ 60 mm, conforme NBR 10787, calculado através da média de três corpos de prova, com nenhum valor individual superior a 70 mm;
- Volume de vazios permeáveis $\leq 15\%$, conforme NBR 9778.
- Peso específico mínimo de 23 kN/m³;
- Os agregados graúdos e miúdos devem atender aos requisitos especificados na NBR 7211;
- Os pedregulhos, ou pedra britada, devem possuir diâmetro máximo de 9,5 mm;
- Os agregados não devem conter finos que passem na peneira 200 (0,074 mm) e possuir menos de 2% abaixo de 0,2mm;
- A areia quartzo, ou artificial, deve possuir teor de umidade entre 3% e 7%;
- A composição granulométrica ótima deve ser determinada experimentalmente em função do tipo de cimento, forma dos agregados e características do equipamento.

O lançamento do concreto, através de bombeamento, deverá atender às especificações da ACI-304, e o concreto deverá ter um índice de consistência adequado às características do equipamento.

Os aditivos para aceleração de pega devem ser não alcalinos e podem ser utilizados desde que aprovados, previamente, pela Fiscalização. A aprovação do aditivo está condicionada à execução de testes de compatibilidade com cimento utilizado, conforme ASTM C 226. A quantidade de aditivo acelerador de pega, em pó, deve variar entre 2% a 5% do peso do cimento. Este limite deve ser considerado como máximo.

Eventualmente, pode ser usada porcentagem, desde que seja comprovada a sua eficiência pela Fiscalização. Devem ser tomados cuidados adicionais, pois a resistência à compressão é consideravelmente reduzida, notadamente na presença de umidade. A quantidade de aditivo em pó deve ser tal que possibilite o início de pega entre 30 a 60 segundos e o fim de pega entre 10 a 12 minutos.

A quantidade de acelerador de pega deve variar entre 6,5% a 22,5% do peso do cimento, ou conforme as recomendações do fabricante. O tempo de início de pega deve ser de 0,5 a 2,0 minutos e o fim de pega de 10 a 12 minutos.

15.4.1 Aplicação

A aplicação de concreto deve ser feita com movimentos contínuos, usualmente circulares, dirigidos ortogonalmente à superfície a uma distância de 1 m.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 90/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

O concreto projetado deve ter a espessura controlada por meio de marcos aplicados a cada 4m². A superfície destinada à aplicação do concreto jateado deve ser tratada adequadamente, antes da aplicação do concreto, eliminado todo material solto e qualquer tipo de resíduos.

O teor de umidade dos agregados deve ser controlado continuamente no processo por via seca, procurando mantê-lo na faixa de 2% a 5%.

Para obter a espessura especificada pelo Projeto, o concreto será executado em mais de uma camada. Para projeção de uma nova camada, a camada anterior deve estar entre a fase inicial e final de pega.

As camadas aplicadas devem ter a mesma dosagem e o mesmo fator água-cimento. Antes de projetar uma nova camada de concreto, deve ser executada a limpeza e remoção de qualquer contaminação da camada anterior, utilizando-se jato d'água com bico de projeção.

Deve-se também verificar, com toques de martelo, a existência de áreas ocas, choco, resultantes da incorporação do material refletido ou da deficiência de aderência. As áreas ocas devem ser cortadas e refeitas juntamente com a camada subsequente sem ônus para a Proprietária.

Todo concreto que mostre sinais de umedecimento excessivo ou de segregação deve ser removido e substituído. Não é permitido o remendo manual e os custos de sua recuperação são de responsabilidade da CONTRATADA.

Eventualmente, para minimizar a pressão d'água no concreto projetado, podem ser executadas perfurações logo após sua aplicação, e a instalação de drenos em locais previamente escolhidos.

Todo material misturado e não lançado dentro do intervalo correspondente ao início de pega da mistura não pode ser aplicado. O concreto refletido deve ser removido antes do início de pega, não podendo, em qualquer hipótese, ser reaproveitado.

Imediatamente após a projeção e acabamento, o concreto projetado deve ser curado por umedecimento durante 24 horas. A cura deve prosseguir por um período de 14 dias até que seja obtida a resistência média especificada em Projeto. Quando for utilizado aditivo acelerador de pega, ou cimento de alta resistência inicial, o período de cura pode ser reduzido, sob prévia autorização da FISCALIZAÇÃO, para até 7 dias, no mínimo.

16.0 REVESTIMENTO VEGETAL

As diretrizes de revegetação abaixo indicadas constituem em medidas favoráveis à manutenção da estabilidade física da Barragem BR, uma vez que a implantação de uma camada de cobertura vegetal nos taludes de jusante fornece proteção contra a erosão superficial do maciço, além de proporcionar substrato mais adequado ao desenvolvimento de espécies vegetais quando comparado ao material de magnetita.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 91/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

A Barragem BR será toda coberta, na face dos taludes de jusante, por uma camada de top soil de espessura de 30 cm. A Figura 16.1 e Figura 16.2 mostram a planta e detalhe típico desta aplicação, respectivamente. Mais detalhes estão disponíveis no documento DF19-263-1-EG-DWG-0142.

Propõe-se ainda que o material utilizado como limpeza de fundação em solo residual, assim como material proveniente da limpeza no alinhamento do extravasor projetado seja utilizado para este fim, já que contém substâncias nutritivas que favorecem a germinação da hidrossemeadura.

Sobre a camada de cobertura, propõe-se o plantio de espécies herbáceas de rápido crescimento, capazes de proteger o solo contra a erosão e fornecer o aporte de nutrientes necessários ao substrato. A implantação da vegetação deverá ocorrer preferencialmente no início do período chuvoso.

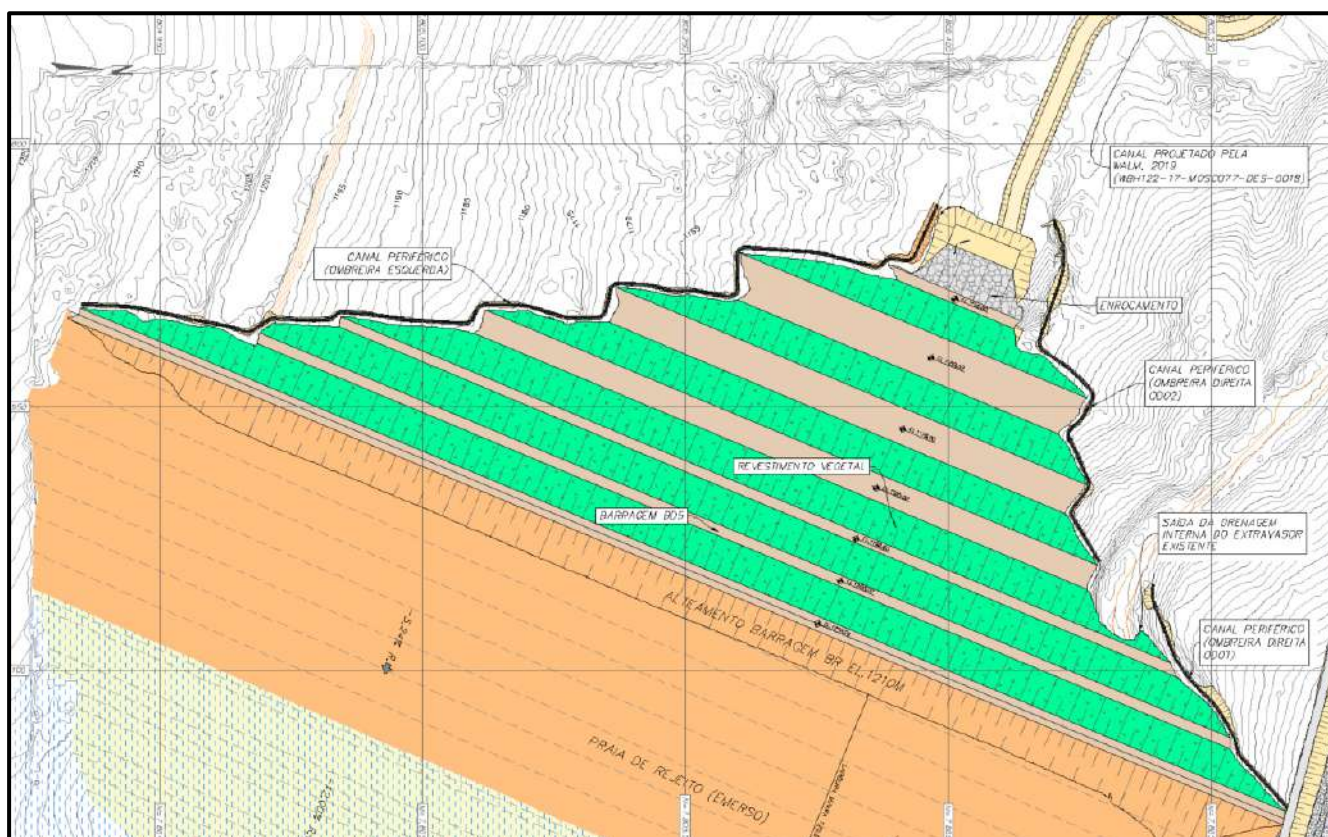


Figura 16.1 – Planta do revestimento vegetal no maciço.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Nº MOSAIC -	PÁGINA 92/96	
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2	

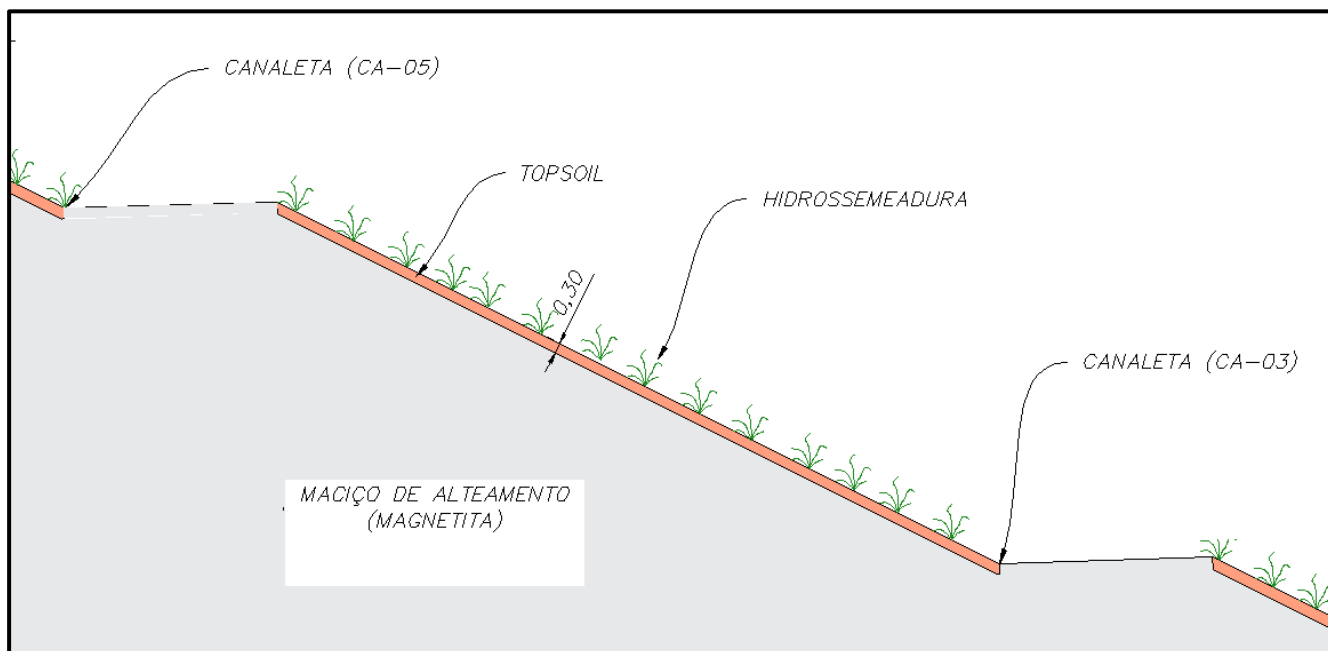


Figura 16.2 – Seção típica do topsoil e a hidrossemeadura projetados.

17.0 QUANTITATIVOS

A planilha de quantidades para o Projeto Detalhado de Descaracterização da Barragem BR é encontrada no documento DF19-263-1-EG-PLA-0002.

18.0 MONITORAMENTO DA OBRA DURANTE O ALTEAMENTO

Durante a execução das obras de elevação da barragem, deverá ser realizado monitoramento da estrutura seguindo o preconizado no manual de operação (documento número FF44MO05-R0-BR) elaborado pela Geoconsultoria.

Caso detectada alguma anomalia que possa colocar em risco a estabilidade da estrutura, a FISCALIZAÇÃO deverá ser imediatamente comunicada para que, juntamente com a MOSAIC, tome as devidas providências em tempo hábil.

19.0 GARANTIA DA QUALIDADE

19.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As Obras Civis serão executadas em conformidade com o Projeto Executivo e com as Normas técnicas aplicáveis, mesmo que não citadas explicitamente nestas Especificações. Em caso de eventuais divergências entre as Normas e estas Especificações, prevalecerão as disposições desta última.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 93/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

A CONTRATADA será responsável total pelo controle e garantia da qualidade das Obras Civis, incluindo a realização dos ensaios prévios de qualificação dos materiais (de modo a garantir o seu atendimento às Especificações e Normas técnicas), a execução dos estudos de dosagens do concreto, a inspeção e verificação dos serviços de campo e a execução dos ensaios de controle dos materiais de construção. A CONTRATADA deverá substituir, refazer e/ou adequar, às suas custas, todo e qualquer serviço ou fornecimento em desacordo com as Especificações.

Os procedimentos de construção e controle de qualidade deverão apresentar-se uniformes durante todo o período de implantação das Obras Civis, independentemente das atividades serem executadas pela CONTRATADA ou por eventuais Subcontratados. Os procedimentos de execução dos serviços por parte de quaisquer subcontratados deverão apresentar-se compatíveis e aderentes aos procedimentos aprovados.

O controle da qualidade das Obras Civis será exercido pela CONTRATADA através da equipe de Gestão da Qualidade. A atuação da Gestão da Qualidade abrangerá as atividades de inspeção de campo e de acompanhamento da realização dos ensaios de controle das obras de terra, do concreto e de seus materiais constituintes, assim como do aço para concreto armado, dos dispositivos de vedação de juntas e de quaisquer outros materiais de responsabilidade da CONTRATADA para os quais seja necessária a realização de ensaios.

Os resultados das inspeções e verificações deverão ser consolidados nos Relatórios Mensais do Controle Tecnológico e, quando for o caso, nos Relatórios de Não Conformidade emitidos pela Gestão da Qualidade.

A Gestão da Qualidade deverá atuar orientando as equipes de produção da CONTRATADA quando o desenvolvimento dos serviços não estiver sendo executado de acordo com os padrões estabelecidos e verificando a solução dos problemas levantados e das não conformidades emitidas.

A execução dos ensaios de controle dos materiais e das obras, assim como de levantamentos topográficos para fins de controle dos avanços da obra será de responsabilidade exclusiva da CONTRATADA, independentemente da realização de ensaios eventuais pela Fiscalização.

A Fiscalização terá o direito de, a qualquer tempo, inspecionar as obras e ter acesso aos resultados dos ensaios do concreto, das obras de terra e de quaisquer outros materiais de construção utilizados nas obras, sejam eles realizados pela própria CONTRATADA, por laboratórios externos contratados pela CONTRATADA ou pelos fabricantes dos materiais. A Fiscalização também se reserva o direito de acompanhar a execução de quaisquer ensaios em qualquer fase de sua realização, obrigando-se a CONTRATADA a facilitar o pronto acesso da Fiscalização aos locais de realização dos ensaios. A Fiscalização terá acesso a quaisquer outros documentos da CONTRATADA que, no julgamento da Fiscalização, sejam importantes para a verificação da qualidade e segurança dos trabalhos. As inspeções da Fiscalização poderão ser realizadas por profissionais próprios ou de empresas contratadas pela Mosaic.

A Fiscalização poderá, no exercício de suas funções, solicitar todas as informações que considerar necessárias ao acompanhamento dos trabalhos, obrigando-se a CONTRATADA a

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 94/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

fornecer-lhe, no prazo que lhe for fixado pela Fiscalização, todas as informações, detalhes e procedimentos relativos à implantação, controle e acompanhamento das obras.

As inspeções e eventuais ensaios realizados pela Fiscalização não desobrigam a CONTRATADA da responsabilidade total pelos serviços e fornecimentos executados, inclusive pela realização dos ensaios de controle, nas frequências estabelecidas. A não detecção, pela Fiscalização, de serviços ou materiais defeituosos quando de sua execução ou fornecimento não eximirá a CONTRATADA de sua total responsabilidade pelos defeitos que vierem a ser detectados mais tarde e tal fato não poderá ser alegado pela CONTRATADA como justificativa para obrigar a aceitação dos serviços pela Fiscalização.

19.2 OBRIGAÇÕES E RESPONSABILIDADES DA CONTRATADA

19.2.1 Aderência aos Documentos de Projeto

- **Materiais de Construção**
 - Todos os materiais a serem empregados na obra, deverão satisfazer às presentes especificações e serão submetidos a exames e aprovação da Fiscalização, especialmente aqueles ditos “A Critérios da Fiscalização”. Será expressamente proibido, quaisquer materiais não constantes destas especificações, bem como todos aqueles que eventualmente venham a ser rejeitados pela Fiscalização;
 - Deverão ser realizados todos os ensaios de caracterização ou de qualidade antes do fornecimento do material, conforme definido nas Especificações Técnicas;
 - Deverão ser realizados todos os ensaios de controle e caracterização durante a execução da obra, conforme tipos e frequência, definidos nas Especificações Técnicas;
 - Deverão ser realizados todos os ensaios especiais durante a execução da obra, ou ao seu final, conforme tipos e frequência, definidos nas Especificações Técnicas.

- **Fundação**
 - Deverão ser respeitados todos os critérios de escavação definidos nos documentos de projeto correspondentes a este assunto.

- **Geometria**
 - Deverá ser respeitada a geometria da estrutura definida em projeto;
 - Deverão ser respeitadas todas as dimensões das seções hidráulicas e as declividades das estruturas de drenagem superficial, definidas no projeto;
 - Deverão ser respeitadas todas as dimensões (altura, largura, comprimento, raios) definidas no projeto estrutural;

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 95/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- Deverão ser respeitadas todo o dimensionamento estrutural para fôrma, armação, espaçamento de juntas, recobrimento do aço, fator água/cimento, tipo de cimento, tipo de agregado, que foram definidos em projeto e nesta especificação técnica.

19.2.2 Acompanhamento e Inspeção dos Serviços de Campo

A equipe de Gestão da Qualidade da CONTRATADA acompanhará e verificará, no campo, os serviços de implantação das Obras Civas, visando garantir a sua conformidade com o Projeto Executivo, com as Especificações e com os Padrões de Qualidade, desempenho, segurança estrutural, segurança operacional, durabilidade e confiabilidade exigidas para as estruturas.

As equipes de acompanhamento e inspeção deverão contar com os seguintes requisitos:

- Equipe de Fiscalização, dimensionada de acordo com o número de frentes de serviço. O ideal é que se tenha 1 técnico/frente de serviço;
- Equipe de Topografia dedicada exclusivamente para fazer todo o levantamento cadastral da obra. Desde a supressão vegetal, passando pela escavação, execução do maciço, obras de concreto, instrumentação, etc. Essa equipe de topografia não deverá ser compartilhada para serviços com fins de medição;
- Equipe de ATO, considerando, preferencialmente, a presença integral de uma equipe da Projetista, dimensionada de acordo com o tamanho e às frentes de serviço da obra. Paralelamente à equipe de campo, deverá ser considerada uma equipe multidisciplinar no escritório dedicada a responder, avaliar, e modelar questionamentos feitos durante a execução da obra.

Serão acompanhados e verificados de maneira rotineira e sistemática pela Gestão da Qualidade os serviços relacionados a seguir, mas sem a eles se limitar, como meio de garantir que todos os trabalhos e fornecimentos atendam integralmente às Especificações:

- Execução dos trabalhos de escavação na área das estruturas de terra e de concreto, assim como a carga e o transporte dos materiais escavados até os estoques, áreas de bota-fora ou, eventualmente, os locais de aplicação nas obras de terra;
- Preparação das fundações das estruturas de concreto e de terra;
- Locações topográficas das estruturas, das fôrmas das estruturas de concreto e dos limites das zonas dos diferentes materiais das obras de terra, assim como das escavações e fundações das estruturas de concreto e de terra;
- Execução dos aterros, incluindo a escavação, carga, recarga, transporte, descarga, espalhamento, preparação e/ou compactação dos materiais das obras de terra;
- Fornecimento, armazenamento e manuseio dos materiais de construção;
- Produção, transporte, lançamento, adensamento, cura, proteção e reparos do concreto;

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 96/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- Fornecimento, manuseio e instalação das armaduras das estruturas de concreto;
- Preparação e instalação de materiais embutidos nas estruturas de concreto (dispositivos de vedação, etc);
- Preparação e instalação das fôrmas para concreto, incluindo o cimbramento, escoramento, limpeza, estanqueidade e qualidade dos painéis;
- Condições das formas, armaduras e embutidos, quanto à manutenção de seu posicionamento e garantia de sua integridade durante as atividades de lançamento e adensamento do concreto;
- Atendimento às tolerâncias especificadas;
- Remoção das fôrmas das estruturas de concreto, quanto aos instantes de remoção, procedimentos utilizados e preservação da integridade do concreto e das estruturas, em conformidade com as normas técnicas;
- Execução das obras de drenagem provisórias e definitivas.

19.2.3 Ensaio dos Materiais

A equipe de laboratoristas e supervisores da CONTRATADA deverá ser constituída de profissionais de reconhecida e comprovada experiência em trabalhos de controle de obras civis com características e dimensões similares ou superiores às obras presentes nesta especificação. Os ensaios poderão ser realizados diretamente por equipe da CONTRATADA ou por empresa especializada. A realização dos serviços por empresa subcontratada não desobrigará a CONTRATADA da responsabilidade total pelo fornecimento de serviços, equipamentos, mão de obra e materiais que atendam aos requisitos estabelecidos nos documentos contratuais. A realização dos ensaios deverá ser acompanhada por equipe de laboratório de mecânica dos solos independente, validando os resultados obtidos e realizando ensaios de “contra prova” a seu critério.

A CONTRATADA deverá submeter à aprovação prévia da Fiscalização as informações referentes à qualificação da equipe de laboratório proposta para realização dos ensaios de controle dos materiais da obra, independentemente desse serviço ser realizado pela própria CONTRATADA ou por Subcontratado.

A CONTRATADA assumirá, sem ônus para a MOSAIC, as seguintes obrigações e responsabilidades, entre outras, no que se refere à realização dos ensaios do concreto e dos materiais e à apresentação dos resultados:

- Realização dos ensaios prévios de qualificação dos materiais propostos para utilização nas obras, assim como dos estudos necessários à definição das dosagens de concreto;
- Execução dos ensaios de controle das obras de terra, do concreto e dos materiais, nas frequências estabelecidas, em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, incluindo o fornecimento, a implantação, manutenção e operação das instalações e equipamentos necessários;
- Execução de ensaios adicionais necessários, nos casos em que, eventualmente, houver alteração das fontes de suprimento dos materiais ou

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 97/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

das dosagens de concreto empregadas ou, ainda, em casos em que, eventualmente, haja necessidade de comprovação dos resultados dos ensaios realizados anteriormente para as obras de concreto e/ou de terra;

- Execução de ensaios do concreto endurecido nas estruturas, incluindo a extração de testemunhos nas estruturas e a preparação das amostras, caso venha a ser necessário comprovar a resistência do concreto na estrutura, em função de resultados eventualmente não satisfatórios nos ensaios de controle de rotina realizados;
- Prover, para uso da Fiscalização, no local da obras, suas instalações e facilidades para armazenamento e/ou cura apropriada de amostras de materiais e corpos de prova de concreto, conforme exigências das normas técnicas, em casos em que, eventualmente, a Fiscalização venha a realizar ensaios comprobatórios através de equipe própria ou de empresa contratada;
- Submeter à Fiscalização, quando solicitado, as informações e a documentação relativa aos estudos e ensaios dos materiais utilizados nas obras de terra e de concreto;
- Submeter à Fiscalização os programas de controle da qualidade do fornecedor de concreto, caso este fornecimento venha a ser subcontratado pela CONTRATADA.

19.2.4 Registros de Ensaio de Laboratório e Controle de Obra

A CONTRATADA é responsável pela elaboração e fornecimento, nas frequências e prazos estabelecidos, dos seguintes registros:

- Relatórios técnicos de ensaios de caracterização, de controle e especiais, assinados e validados pelos responsáveis pela sua execução e fiscalização;
 - Deverão fazer parte destes documentos os resultados dos ensaios realizados e as respectivas análises estatísticas, assim como os arquivos digitais originais, em formato editável, contendo os resultados dos ensaios e as análises estatísticas.
- ATA de reuniões técnicas, devidamente assinadas pelos participantes, registrando alterações e/ou tomadas de decisão relevantes ao projeto;
- NAP's – Notas de Alteração de Projeto, que deverão seguir um fluxo que parte da CONTRATADA, passa pelo Cliente, e caso seja do seu interesse, retorna para validação ou não;
- Elaboração do RDO – Relatório Diário de Obra, que deverá ser um documento que aborde somente os aspectos técnico da obra, cuja a responsabilidade na emissão ficará a cargo da empresa responsável pelo projeto detalhado e pelo ATO;
 - E-mail registrando não conformidades que por ventura ocorram em campo deverão fazer parte deste documento.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 98/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2

- Elaboração do RMO – Relatório Mensal de Obra, que deverá ser um documento que aborde somente os aspectos técnico da obra, cuja a responsabilidade na emissão ficará a cargo da empresa responsável pelo projeto detalhado e pelo ATO;

A CONTRATADA é responsável pela elaboração de um relatório de consolidação da obra e dos desenhos de “*as built*”, que deverão conter, porém não se limitando:

- O registro de todas as etapas de obra, com levantamento topográfico de detalhe correspondente;
- Todos os registros (ATA's de reunião, RDO's, RMO's, NAP's etc),
- Avaliação quantitativa da obra (obra x projeto),
- Avaliação qualitativa da obra, através da compilação final dos resultados dos ensaios que foram realizados durante a obra, e da análise estatística do controle tecnológico,
- Validação dos dimensionamentos geotécnicos e hidráulicos a partir das estruturas implantadas em campo, conforme parâmetros e geometria final.

		PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS		Nº MOSAIC -	PÁGINA 99/96
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002	REV. 2


20.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE DOCUMENTO	
Razão social:	DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA
CNPJ:	07.214.006/0001-00
<i>Belo Horizonte / MG - dfmais@dfmais.eng.br - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001</i>	

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação/Revisão
Júnio Fagundes	JF	Geotecnia	Revisão do Documento
Mário Júnior	MJ	Geotecnia	Elaboração do Documento

		<p align="center">PROJETO DETALHADO ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m</p>	
<p>PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS</p>	<p>Nº MOSAIC -</p>	<p>PÁGINA 100/96</p>	
	<p>Nº DF+ DF19-263-1-EG-ETC-0002</p>	<p>REV. 2</p>	

21.0 ANEXOS

 Anexo 1.pdf	<p>APÊNDICE A – METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DOS ENSAIOS DE CONTROLE DE CONSTRUÇÃO EM MATERIAIS DE GRANULOMETRIA GROSSA Formato: “PDF”</p>
--	---



		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 2/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

SUMÁRIO

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	CONCEITOS	4
3.0	CONCRETO CONVENCIONAL	7
4.0	DEFENSAS METÁLICAS	37
5.0	CANAL DE LAMAS	39
6.0	EQUIPE TÉCNICA	40

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 3/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

1.0 INTRODUÇÃO

A presente Especificação Técnica tem o objetivo de conceituar, definir e especificar os procedimentos a serem cumpridos durante a execução dos serviços das estruturas do sistema extravasor, canaletas de berma e canais de ombreira da Barragem BR, em concreto armado moldado in loco, que será construído pela MOSAIC.

Os serviços deverão ser executados de acordo com os Desenhos do Projeto, Normas Técnicas Brasileiras da ABNT, bem como as indicações presentes nesta Especificação Técnica.

A observância rigorosa dos procedimentos definidos nesta especificação será de responsabilidade da CONTRATADA. Esta deverá consultar a equipe técnica da MOSAIC sempre que, durante a execução dos serviços, ocorrerem situações não previstas no projeto ou de entendimento duvidoso nesta Especificação Técnica, bem como, nos Desenhos do Projeto.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 4/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

2.0 CONCEITOS

Para efeito desta Especificação Técnica são estabelecidos os seguintes conceitos.

2.1 EMPRESAS ENVOLVIDAS

- **CONTRATANTE:** MOSAIC, empresa proprietária da obra;
- **PROJETISTA:** DF+;
- **FISCALIZAÇÃO:** Pessoa, pessoas ou firma designada pela MOSAIC com o intuito de examinar, verificar, ajustar soluções construtivas não previstas no projeto, aceitar ou recusar e medição dos serviços;
- **CONTRATADA:** Pessoa, pessoas, firma ou consórcio de firmas que têm como responsabilidade a execução e o fornecimento de todos os serviços, materiais e equipamentos necessários à execução da obra.

2.2 NORMAS DE REFERÊNCIAS

Onde forem aplicáveis e não estiverem conflitantes com a presente Especificação Técnica, deverão ser obedecidos os requisitos das seguintes normas técnicas, em suas últimas versões atualizadas, mesmo que em suas menções nos textos sejam citadas versões eventualmente desatualizadas e/ou obsoletas:

- ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento
- ABNT NBR 6120:1980 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações
- ABNT NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira
- ABNT NBR 16697:2018 – Cimento Portland - Requisitos
- ABNT NBR 5738:2015 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova
- ABNT NBR 5739:2018 Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos
- ABNT NBR 8522:2017 Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão
- ABNT NBR 12655:2015 Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 5/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

- ABNT NBR 7215:2019 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos
- ABNT NBR 7211:2009 Agregados para concreto – Especificação
- ABNT NBR NM 26:2001 - Agregados - Amostragem
- ABNT NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica
- ABNT NBR 7218:2010 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis
- ABNT NBR NM 46:2003 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem
- ABNT NBR NM 49:2001 - Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas.
- ABNT NBR NM 51: 2001 - Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles"
- ABNT NBR 15577-1 a 6:2018 - Agregados - Reatividade álcali-agregado
- ABNT NBR NM 67:1998 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone
- ABNT NBR NM 9:2003 - Concreto e argamassa - Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração
- ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios
- ABNT NBR 16372:2015 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
- ABNT NBR NM 51:2001 - Agregados - Determinação da abrasão "Los Angeles"
- ABNT NBR 11768:2011 - Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos
- ABNT NBR 7212: 2012 - Execução de Concreto Dosado em Central.
- ABNT NBR 7477:1982 - Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 6/40	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0	

- ABNT NBR 7480:2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação
- ABNT NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios
- ABNT NBR 14931:2003 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento

No caso da CONTRATADA se apoiar em normas e/ou especificações diferentes das acima mencionadas e que sejam universalmente aceitas, as mesmas deverão ser claramente citadas e a sua aceitação ficará a critério da MOSAIC.

Na eventual necessidade de serem executados serviços não especificados, a CONTRATADA somente poderá realizá-los após aprovação da especificação correspondente pela MOSAIC.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 7/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

3.0 CONCRETO CONVENCIONAL

3.1 OBJETO

Esta seção abrange a execução dos trabalhos de concreto convencional, formas, escoramentos e armaduras para as estruturas dos dispositivos de drenagens, de acordo com os desenhos de construção, e o que se especifica a seguir, compreendendo os materiais e equipamentos para a fabricação, transporte, lançamento, adensamento, acabamento, cura, proteção e reparos do concreto.

A CONTRATADA poderá optar pela aquisição de concreto pronto de terceiros. Nessa situação, todas as disposições constantes nesta Especificação devem ser adaptadas às condições reais, mediante proposta da CONTRATADA que deve merecer a aprovação da FISCALIZAÇÃO.

3.2 COMPOSIÇÃO

3.2.1 Geral

Os concretos constantes desta especificação serão compostos de cimento Portland, água, agregado miúdo, agregado graúdo e, se necessário, aditivos redutores de água, retardadores de pega, plastificantes, expansores e incorporadores de ar e quaisquer outros componentes recomendados e/ou aprovados pela FISCALIZAÇÃO, que produzam, no concreto, propriedades benéficas para sua utilização, conforme comprovado em ensaios de laboratório.

É de responsabilidade da CONTRATADA a contratação de um engenheiro especialista para desenvolver o traço do concreto a ser utilizado, acompanhamento e desenvolvimento de planos de concretagem, visando principalmente atender as condições de durabilidade, resistência a abrasão e estanqueidade requeridos para tais estruturas.

As manutenções periódicas após a execução dos serviços de construção são de fundamental importância para o correto funcionamento das estruturas e preservação de sua vida útil, principalmente no que se diz respeito ao desgaste da camada de concreto e selante elástico.

3.2.2 Proporção das Misturas

A proporção da mistura deverá ser determinada por dosagem racional e experimental, conforme NBR12655, e deverá estar baseada na pesquisa dos agregados mais adequados e inertes, sua respectiva granulometria e na melhor relação água/cimento, com a finalidade de assegurar uma mistura plástica e trabalhável, ou segundo as necessidades de sua utilização. Um concreto que, após a cura adequada, apresente durabilidade, estanqueidade e resistência compatíveis com os valores indicados em projeto.

O cálculo da dosagem do concreto deve ser refeito cada vez que for prevista uma mudança de marca, tipo ou classe do cimento, na procedência e qualidade dos agregados e demais materiais.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 8/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

Os traços de concreto, bem como os materiais a serem utilizados na mistura, deverão ser submetidos à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Os traços poderão ser substituídos pela FISCALIZAÇÃO sempre que necessário, a fim de preservar a segurança, economia e qualidade do concreto.

Para $f_{ck} \geq 30$ MPa, a relação água/cimento deverá ser $\leq 0,50$, o consumo mínimo de cimento deverá ser 320 kg/m^3 e o módulo de deformação secante $\geq 27 \text{ GPa}$, conforme recomendações da NBR6118 e NBR12655.

3.2.3 Classes de Concreto

A classe de concreto para cada estrutura será indicada nos desenhos de forma e apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Classes de Concreto a serem utilizadas

Classe	Tipo	Aplicação	Diâmetro Máximo do Agregado (até valor indicado)	Resistência Característica à Compressão (f_{ck}) MPa 28 dias
C30	Convencional	Estrutura de Concreto Armado das Drenagens	1" (25 mm)	30
C10		Regularização e/ou enchimento (concreto magro)	1" (25 mm)	10

Excepcionalmente, a critério da FISCALIZAÇÃO, poderão ser dosados concretos com agregados de diâmetro máximo superior aos indicados, desde que sua dimensão máxima não ultrapasse os limites abaixo:

- Espaçamento interno das formas – $\frac{1}{4}$ da menor distância entre faces e formas;
- Espessura da laje – $\frac{1}{3}$ da espessura da laje
- Barras horizontais – $\frac{5}{6}$ da distância entre duas barras horizontais
- Barras verticais - $\frac{1}{2}$ da distância entre duas barras horizontais

3.2.4 Consistência dos Concretos Convencionais

Os traços deverão ser aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo ser os teores de água os mínimos necessários para permitir um adensamento satisfatório no caso dos concretos convencionais.

A consistência do concreto deverá ser uniforme de betonada para betonada.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 9/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

O controle da consistência do concreto poderá ser feito pela FISCALIZAÇÃO, por meio de ensaios de "slump".

Os valores do "slump" para cada traço serão determinados pela FISCALIZAÇÃO.

Concreto com excesso ou carência de água (excessivamente plástico ou seco) poderá ser rejeitado, a critério da FISCALIZAÇÃO.

3.2.5 Controle de Qualidade dos Concretos Convencionais

A FISCALIZAÇÃO manterá um controle rigoroso sobre as operações da betoneira, especialmente em relação à quantidade de água adicionada à mistura, a fim de que o concreto seja uniforme, de betonada para betonada, e tenha um baixo coeficiente de variação ou um baixo desvio padrão das resistências.

Para exercer o controle de qualidade do concreto, a FISCALIZAÇÃO coletará, em locais por ela selecionados, amostras de concreto fresco.

As resistências à compressão e módulo de deformação do concreto serão determinadas pelos ensaios, em cilindros de 15 cm x 30 cm, feitos e curados de conformidade com a NBR 5738. A quantidade de amostras, bem como a obtenção dos resultados serão de acordo com a NBR 12655, NBR5739, NBR8522 em sua última versão.

Ao longo de toda a execução da obra, o controle da qualidade do concreto será sistemático e feito baseado em ensaios de acordo com as normas aplicáveis da ABNT. Esses ensaios, de um modo geral, compreenderão em:

- Verificação das propriedades físicas dos materiais constituintes do concreto, incluído sua granulometria, e qualidade da água de amassamento;
- Determinação de traços para obtenção de concreto, com a necessária resistência, trabalhabilidade, e outras propriedades requeridas nestas Especificações Técnicas, ou indicadas nos desenhos de projeto;
- Determinação durante a produção do concreto, de propriedades como a trabalhabilidade ("slump test"), peso específico e tempo de pega;
- Moldagem sistemática de corpos de prova para execução de ensaios rotineiros, como resistência à compressão axial e módulo de elasticidade.

3.2.6 Controle da Resistência do Concreto

Durante todo o decorrer dos trabalhos de lançamento do concreto, deverá ser efetuado um controle sistemático da resistência do concreto.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 10/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

Para execução deste controle, deverão ser retiradas amostras durante o lançamento, e em diversos pontos da obra, de modo que o conjunto de corpos possa representar, da melhor maneira possível, a estrutura que está sendo executada.

A CONTRATADA deverá organizar, com antecedência, um programa para coleta de corpos de prova, tornando-se mais uma rotina da obra. Este programa deverá ser aprovado pela FISCALIZAÇÃO e poderá ser modificado, a critério da mesma. A moldagem e a cura dos corpos de prova deverão ser executadas de acordo com a NBR 5738/1994.

Todo o trabalho referente à retirada, moldagem, cura e testes dos corpos de prova será de responsabilidade da CONTRATADA que, inclusive, os identificará por uma numeração crescente e pela data de moldagem. A retirada e a moldagem dos corpos de prova deverão ser executadas na presença da FISCALIZAÇÃO.

Os corpos de prova deverão ser testados em laboratório e aprovados pela FISCALIZAÇÃO e os resultados dos ensaios serão enviados, por escrito, à mesma.

De acordo a NBR 12655, as amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a operação de concretagem, conforme a ABNT NBR NM 33. Cada exemplar deve ser constituído por dois corpos de prova da mesma amassada, conforme a ABNT NBR 5738, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. Ressalta-se a importância de execução de um corpo de prova sobressalente (armazenado em local apropriado na obra) a cada exemplar com a finalidade de se obter, no futuro, quando necessário, confirmação sobre resultados dos ensaios anteriores.

Ficará a cargo da FISCALIZAÇÃO o julgamento dos resultados dos ensaios recebidos do laboratório.

3.2.7 Aceitação ou Rejeição do Concreto

O concreto executado pela CONTRATADA será aceito pela FISCALIZAÇÃO, se comprovado por ensaios de laboratório que:

- Amostragem Parcial – os lotes de concreto possuem o valor estimado da resistência característica, calculado conforme item 6.2.3 da NBR 12655, que atendem à resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.
- Amostragem Total – todos os exemplares possuem o valor estimado da resistência característica, calculado conforme 6.2.3 da NBR 12655 que atendem à resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.

Caso as amostras não atendam ao especificado em norma, aos requisitos de projeto e as exigências da FISCALIZAÇÃO, pode-se proceder a contraprova com a amostra. Caso a

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 11/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

mesma presente características indesejáveis, o lote será rejeitado.

3.3 MATERIAIS DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.3.1 Cimento

Todo o cimento deverá estar de acordo com as exigências da norma NBR 16697. A FISCALIZAÇÃO deve rejeitar as partidas de cimento, em sacos ou a granel, cujas amostras revelarem, nos ensaios, características inferiores aquelas estabelecidas pela referida norma técnica.

Caso o cimento seja entregue em saco, todos os locais de armazenamento deverão ser tais que permitam fácil acesso para trabalhos de inspeção e identificação. Quantidades suficientes de cimento deverão ser estocadas de maneira a permitir a fiel execução do cronograma de concretagem.

Os materiais deverão ser estocados de acordo com as normas da ABNT, em ordem cronológica de chegada, com condições para usar inicialmente o material estocado em primeiro lugar. Para tanto, cada partida de material deverá ser devidamente identificada.

O estoque deve ser realizado em local coberto ou fechado, de modo que não tenha contato com a umidade e que seja garantida sua validade estabelecida pelo fabricante, não ocorrência de endurecimento, contaminação ou alterações de suas características. O transporte interno até o local de mistura deve garantir as mesmas condições de estoque.

O cimento estocado por mais de 120 dias não poderá ser utilizado na obra, a não ser quando aprovado pela FISCALIZAÇÃO, após os respectivos ensaios.

Se for utilizado cimento a granel, os silos de armazenamento deverão ser esvaziados e limpos pela CONTRATADA, quando exigidos pela FISCALIZAÇÃO; todavia, o intervalo entre duas limpezas sucessivas dos silos nunca será superior a 120 dias.

3.3.2 Aditivos

Todos os aditivos a serem utilizados deverão atender às especificações contidas na norma NBR 11768 da ABNT, e deverão ser adicionados a cada traço, diluídos numa porção de água de amassamento, ou de acordo com instruções da FISCALIZAÇÃO.

Todos os aditivos tais como aceleradores, expansores, superfluidificantes, etc. poderão ser usados, desde que sejam determinados ou aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

3.3.3 Água

A água usada nos concretos e argamassas deverá estar livre de quantidades excessivas de silte, matéria orgânica, álcalis, óleos, sais ou outras impurezas, conforme indicado nas normas da ABNT.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 12/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

A CONTRATADA deve proceder a uma pesquisa sistemática da qualidade da água utilizada para o preparo do concreto no canteiro, de modo a estar seguro de que, em qualquer tempo, ela terá características não nocivas à qualidade do concreto.

3.3.4 Agregados

É fundamental que se tenha um perfeito conhecimento dos agregados a serem utilizados para a obtenção de um concreto com boa resistência e durabilidade, visto que eles constituem aproximadamente 75% da composição do concreto, sendo os materiais menos homogêneos dentre os utilizados nas estruturas de concreto armado. Eles podem ser subdivididos em duas categorias:

- Agregado miúdo: Areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,75 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,150 mm;
- Agregado graúdo: Pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira de malha quadrada com abertura nominal de 75 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,75 mm.

Os agregados a serem utilizados nas estruturas de concreto armado deverão obedecer às exigências contidas nas NBR 7211 e NBR 6118 da ABNT.

3.3.4.1 Pilhas de Estocagem de Agregados

O agregado deverá ser estocado em pilhas de acordo com suas dimensões nominais e de maneira a evitar mistura com outros agregados, contaminação por poeira ou outros materiais estranhos, devendo ser possibilitada a drenagem livre de água.

Uma quantidade suficiente de agregado em cada gradação deverá ser mantida nos estoques, de modo a possibilitar um lançamento contínuo e complementação de qualquer módulo de concreto iniciado, bem como evitar a modificação de traços para atender a situações momentâneas de excesso ou falta de determinadas gradações.

3.3.4.2 Amostragem e Ensaio

As amostras dos agregados representativos dos materiais a serem usados na obra serão retiradas pela FISCALIZAÇÃO, antes da data prevista para o início da concretagem, conforme recomendações da NBR NM26.

As amostras deverão ser submetidas aos ensaios necessários para comprovar sua concordância com os termos destas especificações.

Todos os ensaios serão dirigidos pela FISCALIZAÇÃO, de acordo com os métodos padrões

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 13/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

da ABNT.

Durante a construção, a FISCALIZAÇÃO poderá continuar com a amostragem e ensaios dos agregados para verificar o atendimento aos requisitos especificados.

Os ensaios de agregados poderão ser feitos nos vários estágios de processamento e manuseio, a critério da FISCALIZAÇÃO.

3.3.4.3 Qualidade:

- Agregado Miúdo

As percentagens máximas de substâncias nocivas no agregado miúdo, ao entrar na betoneira, não deverão ultrapassar os seguintes valores, em percentagem de peso do material:

- Material pulverulento passando na peneira nº 200 (0,075 mm de abertura de malha): conforme a Norma NBR NM 46: 1,0%;
- Torrões de argila (Norma NBR 7218): 1,5%;
- Matérias carbonosas (Norma NBR 7211): 0,5%;
- Substâncias prejudiciais: isento de substâncias prejudiciais, tais como gravetos, mica, grânulos tenros, friáveis ou envolvidos por películas, etc;
- Massa específica: não inferior a 2,5 t/m³, conforme a Norma NBR NM 45.

Importante realização de ensaios para verificação a reatividade potencial do agregado de acordo com a NBR 7211 e NBR 15577, visando evitar a ocorrência de reações expansivas deletérias devidas à reação álcali-agregado.

- Agregado Graúdo

A quantidade de substâncias nocivas no agregado graúdo, ao entrar na betoneira, não deve exceder os seguintes limites, em percentagem do peso do material:

- Torrões de argila e partículas friáveis (Norma NBR-7218): 0,25%;
- Material pulverulento passando na peneira no. 200 (0,075 mm de abertura de malha), conforme a Norma NBR NM 46: 0,5%.
- Ensaio de abrasão "Los Angeles": a perda nas várias graduações de agregado não excederá 40%, devendo o número de rotações ser determinado em função da graduação do agregado em exame, conforme a Norma NBR NM51;
- Massa específica: não inferior a 2,6 t/m³, conforme a Norma NBR NM45.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 14/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

Importante realização de ensaios para verificação a reatividade potencial do agregado, de acordo com a NBR 7211 e NBR 15577, visando evitar a ocorrência de reações expansivas deletérias devidas à reação álcali-agregado.

3.3.4.4 Composição Granulométrica

A composição granulométrica deverá ser determinada de acordo com a Norma NBR NM 248, devendo ficar dentro dos limites apresentados na Norma NBR 7211 (conforme apresentado a seguir), a menos que seja determinado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

- Agregado Miúdo

Tabela 3.2 – Limites Granulométricos para o Agregado Miúdo

Peneiras Aberturas Nominais (mm)	Porcentagem, em massa, retida acumulada Zona Ótima – Limite Inferior	Porcentagem, em massa, retida acumulada Zona Ótima – Limite Superior
9,5	0	0
6,3	0	0
4,75	0	5
2,36	10	20
1,18	20	30
0,6	35	55
0,3	65	85
0,15	90	95

A granulometria do agregado miúdo será também controlada de modo que os módulos de finura de pelo menos quatro, dentre cinco amostras consecutivas ensaiadas, não tenham variação maior do que 0,15 do módulo de finura médio de todas as amostras ensaiadas.

- Agregado Graúdo

Tabela 3.3 – Limites Granulométricos para o Agregado Graúdo

Peneiras Aberturas Nominais (mm)	Porcentagem, em massa, retida acumulada		
	4,75mm a 12,5mm	9,5mm a 25mm	19mm a 31,5mm
37,5	-	-	-
31,5	-	-	0-5
25	-	0-5	5-25
19	-	2-15	65-95
12,5	0-5	40-65	92-100
9,5	2-15	80-100	-
6,3	40-65	92-100	-
4,75	80-100	95-100	-
2,36	95-100	-	-

Os limites indicados são para cada tamanho de agregado, separadamente.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 15/40	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0	

3.4 DOSAGEM E MISTURA DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.4.1 Dosagem

As quantidades de cimento, aditivos, areia e cada tamanho nominal de agregado graúdo, que compõem o traço, deverão ser aprovados pela FISCALIZAÇÃO com base em resultados dos ensaios de laboratório.

As quantidades de agregados e cimento devem ser determinadas em peso. A água poderá ser medida em peso ou volume e deverá ser tal que a mistura seja trabalhável, sem falta e sem excesso. Na dosagem da água de amassamento deve ser levada em conta a umidade dos agregados inertes, principalmente a da areia, que deve ser determinada por meio de *speed moisture tester*, ou outros métodos usuais.

Os traços devem ser determinados por dosagem racional ou experimental, devendo, no entanto, ser respeitado os valores máximos de relação água/cimento e resistência característica “fck” definidos em projeto.

A resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade prevalentes durante a construção. Esta variabilidade medida pelo desvio-padrão, *sd*, é levada em conta no cálculo da resistência de dosagem, segundo a equação:

$$f_{cmj} = f_{ckj} + 1,65 \times sd$$

onde:

- f_{cmj} é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);
- f_{ckj} é a resistência característica do concreto à compressão, aos j dias, expressa em megapascals (MPa);
- sd é o desvio-padrão da dosagem, expresso em megapascals (MPa).

No intuito de garantir a durabilidade, estanqueidade e resistência do concreto de acordo com os valores especificados em projeto e satisfazer outras condições, porventura requeridas pela agressividade do ambiente, a CONTRATADA deverá solicitar a presença um engenheiro especialista para:

- desenvolver o traço do concreto a ser utilizado
- acompanhar os processos referentes à fabricação, transporte, lançamento, adensamento, acabamento, cura

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 16/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

- desenvolver um plano de concretagem, acompanhando a liberação das concretagens de etapas subsequentes.

3.4.2 Mistura

A mistura e o amassamento poderão ser efetuados em central de concreto na obra ou através de mistura pronta (concreto pré-misturado) fornecida por empresa especializada.

Todos os dispositivos destinados à medição para preparo do concreto, deverão estar sujeitos à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Quando a mistura for feita em central de concreto, situada fora do local da Obra, a betoneira e os métodos usados deverão estar de acordo com os requisitos da norma NBR 7212 - Execução de Concreto Dosado em Central.

3.4.2.1 Mistura em central de concreto na obra

Quando se utilizar uma central de concreto na obra, deverão ser observadas todas as prescrições sobre a dosagem, devendo a mesma ser inspecionada e aprovada pela FISCALIZAÇÃO antes do início de sua utilização.

Os concretos convencionais, executados na central de concreto da obra, serão misturados completamente até apresentar aparência uniforme, com todos os componentes igualmente distribuídos.

Não será permitido mistura excessiva, que necessite de adição de água para preservar a consistência necessária do concreto.

A sequência da introdução dos componentes na betoneira deverá ser determinada na obra, com o propósito de se obter a melhor qualidade, fazendo-se os ajustes necessários.

A betoneira não será sobrecarregada além da capacidade recomendada pelo fabricante, e será operada na velocidade indicada na placa que fornece as características da máquina. A betoneira deverá ser limpa após cada período de produção de modo que o material que eventualmente ficou aderido seja removido e, portanto, não prejudique as futuras betonadas.

Concreto parcialmente endurecido não deverá ser reaproveitado para nova mistura.

O transporte entre a central de controle os locais de lançamento deverá ser o mais rápido quanto possível, evitando a segregação do concreto.

3.4.2.2 Mistura pronta (concreto pré-misturado) fornecida por empresa especializada

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 17/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

Quando for empregado concreto pré-misturado, a CONTRATADA deverá exigir da empresa fornecedora garantias de que sejam preenchidos todos os itens desta especificação, além de verificar se essa usina atende às exigências constantes da NBR 7212.

A liberação do concreto usinado envolverá as seguintes verificações:

- consistência do concreto de cada caminhão, medida de acordo com o Método NBR 7223, devendo estar de acordo com o pedido;
- homogeneidade da mistura, sendo rejeitado todo o caminhão que, por defeito nas pás da betoneira, não produzir homogeneização do concreto.

3.5 TRANSPORTE DO CONCRETO

3.5.1 Central de concreto na obra

O transporte de concreto do local de amassamento para o de lançamento deverá ser feito de modo que não decorram mais do que 30 minutos entre o momento em que se adiciona toda a água à mistura e o momento de lançamento.

O meio de transporte deve ser tal que não produza segregação dos elementos.

Quando o transporte for feito por meio de vagonetas, a velocidade do transporte não poderá ser superior a 20 km/h.

Quando o transporte for feito por meio de correias transportadoras, o ângulo de inclinação das mesmas não poderá ultrapassar:

- 18º para concreto com abatimento até 5 cm.
- 15º para concretos com abatimento de 6 a 10 cm.

A velocidade da correia não deve ser superior a 1 m/seg.

Os transportes devem ser cobertos, com a finalidade de proteger o concreto de chuvas e outras contaminações.

3.5.2 Transporte por bombeamento

Quando o transporte for feito por bombeamento, os agregados miúdos deverão ser proporcionados na relação 1:2 e 1:3.

No peso total de agregado miúdo, a quantidade de partículas com dimensões até 0,3 mm não deverá ultrapassar 15 a 20%.

É recomendável o uso de aditivos plastificantes, de modo que se garanta à mistura uma

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 18/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

consistência adequada durante o transporte pelas tubulações.

O diâmetro máximo do agregado graúdo dependerá do diâmetro da tubulação de transporte.

Quando forem empregados agregados de maior diâmetro que os especificados na NBR 7211, recomenda-se a Tabela 3.4 abaixo:

Tabela 3.4 – Diâmetro interno da tubulação versus dimensão máxima do agregado graúdo

Diâmetro interno da Tubulação (mm)	Dimensão máxima do agregado graúdo (mm)
280	70
200	70
150	40

Antes da admissão de concreto na tubulação, esta deverá ser rigorosamente limpa e lubrificada, passando-se pela mesma, nata de cimento. Para que a nata se espalhe por toda a superfície interna da tubulação, a mesma deverá ser fechada em uma das extremidades, de modo a impedir a saída da nata garantindo o total umedecimento do tubo.

Deverão ser tomadas providências para que o fluxo de concreto dentro da tubulação não sofra interrupções por obstrução.

Imediatamente após o uso, a tubulação deverá ser limpa completamente por meios mecânicos e em seguida lavada com água corrente.

No caso de transporte por bombeamento, a CONTRATADA deverá observar todas as recomendações contidas nas especificações do fabricante do equipamento.

3.5.3 Transporte de concreto pré-misturado (central externa)

No caso de transporte de concreto pré-misturado, o intervalo total de tempo entre o momento da adição da água e o momento do lançamento não poderá ultrapassar 1 (uma) hora, contado a partir do início da mistura até o final do adensamento.

Este tempo poderá ser aumentado, quando forem admitidos pela FISCALIZAÇÃO, desde que não haja nenhum prejuízo na qualidade do concreto até o término do seu adensamento, por exemplo, pela utilização de aditivo retardador de pega, em dosagem conveniente.

Os concretos pré-misturados que apresentarem qualquer sinal de segregação de material não poderão ser utilizados.

3.6 FÔRMAS

3.6.1 Geral

As fôrmas deverão ser fabricadas com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 19/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

ser usadas nos locais onde se façam necessárias para confinar o concreto e moldá-lo segundo as linhas, dimensões e juntas especificadas no projeto.

Não deve ser iniciada a concretagem de qualquer peça, sem que antes a respectiva forma seja inspecionada e aprovada pela FISCALIZAÇÃO, o que não isentará a CONTRATADA de sua responsabilidade da obtenção de superfícies desempenadas, sem curvaturas e outros defeitos; caso apareçam superfícies inaceitáveis, serão corrigidas empregando-se métodos aprovados, ou então o concreto afetado será retirado, conforme decisão da FISCALIZAÇÃO.

As fôrmas, sejam de compensados de madeira ou metálicas, devem ser reforçadas e ter resistência suficiente para suportar a pressão resultante do lançamento e vibração do concreto, mantendo-se, rigidamente, em posição correta, sem deformação e devem ser estanques, de modo a impedir a perda da nata do concreto.

Deverão ser usados, conforme necessário, recursos adicionais para fixação das fôrmas, com o objetivo de mantê-las firmes contra o concreto endurecido.

Além do que especificado em norma, serão levadas em conta as seguintes especificações:

- Dimensões: as fôrmas deverão ser executadas rigorosamente, de acordo com as dimensões indicadas no PROJETO, e terem a resistência necessária para não se deformarem sob a ação do conjunto de peso próprio, peso e pressão do concreto fresco, peso das armaduras, das cargas acidentais e esforços provenientes da concretagem, principalmente em função da pressão resultante do lançamento e vibração do concreto, e sob a ação das variações de temperatura e umidade;
- Estanqueidade: as fôrmas deverão ser suficientemente estanques de maneira a impedir a fuga da nata ou pasta de cimento;
- Dimensionamento: o dimensionamento das fôrmas e dos escoramentos será feito de forma a evitar possíveis deformações devido a fatores ambientais ou provocados pelo adensamento do concreto fresco; as fôrmas serão dotadas da contra-flecha necessária conforme PROJETO;
- Confeção: as fôrmas serão confeccionadas ou montadas de forma que permitam a retirada dos diversos elementos com facilidade e principalmente, sem choques;
- Qualidade: não deverão ser utilizadas tábuas, folhas de compensado e chapas metálicas irregulares ou empenadas, devendo ainda a madeira ser isenta de 'nós' prejudiciais;
- Amarração: a amarração das fôrmas deverá garantir o perfeito alinhamento e paralelismo, impedindo o aparecimento de ondulações; a FISCALIZAÇÃO poderá exigir o acompanhamento topográfico em todas as fases de concretagem;

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 20/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

- Reutilização: as fôrmas poderão ser reutilizadas quantas vezes forem possíveis, desde que os danos sofridos nas concretagens não comprometam o acabamento das superfícies concretadas;
- Limpeza: no reaproveitamento de fôrmas, as mesmas deverão ser limpas e protegidas com agentes de desforma; não será permitido o uso de óleo queimado ou de outros produtos que venham a prejudicar a uniformidade de coloração ou aparência da pintura ou de outros materiais de acabamento;
- Revisão: as fôrmas e os escoramentos devem ser revistos periodicamente, prevendo-se a troca de elementos (braçadeiras, parafusos, escoramentos, mãos francesas, espaçadores, etc.), que não ofereçam condições de uso ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Fôrmas que não mais apresentarem linhas e greides exatos, e estanqueidade à argamassa, que estejam empenadas, danificadas de alguma forma, ou inadequadas, deverão ser consertadas antes de serem novamente utilizadas. Quando, na opinião da FISCALIZAÇÃO, as fôrmas não mais apresentarem as tolerâncias, acabamento ou aparência aqui especificados, ou forem consideradas inadequadas, as mesmas deverão ser substituídas por fôrmas aceitáveis.

3.6.2 Limpeza e Lubrificação das Fôrmas

Por ocasião do lançamento do concreto, as fôrmas deverão estar isentas de incrustações de argamassa ou outros materiais estranhos.

As fôrmas devem ser limpas, estar isentas de pó, serragem, restos de arame de armadura, pregos e outros detritos no momento da concretagem. Com esses propósitos, devem ser deixadas aberturas nas fôrmas até o lançamento do concreto.

Antes que o concreto seja lançado, deve ser aplicado nas fôrmas uma demão de desmoldante, de fórmula aprovada pela FISCALIZAÇÃO, que não deixará na superfície de madeira qualquer película que possa ser absorvida pelo concreto.

A armadura de aço ou outras superfícies, que necessitem de aderência ao concreto, deverão ser mantidas isentas do desmoldante.

As fôrmas de madeira serão molhadas até a saturação, anteriormente ao lançamento do concreto.

3.6.3 Escoramento e Andaimos

Devem ser levadas em conta as seguintes especificações:

Para dimensionamento dos escoramentos, o concreto fresco deve ser considerado com peso

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 21/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

específico igual a 2.400 Kg/m³ para cargas verticais; relativamente às cargas horizontais, será considerado o peso específico de 1.360 kg/m³ para a altura de concretagem a ser executada durante a primeira hora de serviço, e de 720Kg/m³ para a altura que será executada após esta 1^o hora de serviço; o comprimento livre dos esteios e de outros elementos de madeira submetidos à compressão longitudinal, não excederá a 30 vezes seu diâmetro ou sua menor dimensão; a estrutura deve suportar as cargas, sem que ocorra recalque ou deformações inadequadas.

Antes ou depois do lançamento do concreto; caso o escoramento apresente algum sinal de recalque ou distorção indevida, o trabalho deve ser suspenso e o concreto afetado, retirado, reiniciando-se o trabalho após o reforço do escoramento.

3.6.4 Remoção das Fôrmas e Escoramentos

Para permitir a execução da cura especificada e facilitar a rápida correção das imperfeições das superfícies, as fôrmas deverão ser cuidadosamente removidas, tão logo o concreto tenha endurecido e adquirido suficiente resistência para que a remoção não resulte em trincas perceptíveis, desagregação ou quebra das arestas das superfícies ou outros danos para o concreto.

A remoção das fôrmas e a retirada dos escoramentos estão condicionados a realização de ensaios para comprovação das propriedades mecânicas do concreto, devendo ser respeitados os seguintes prazos mínimos:

- Faces laterais: 72 horas
- Faces inferiores: 14 dias, mantendo os pontaletes
- Faces inferiores: 21 dia, com retirada total dos pontaletes

Abaixo a Tabela 3.5 apresenta os resultados esperados para o concreto nas idades intermediárias e aos 28 dias:

Tabela 3.5 – Propriedades mecânicas do concreto para várias idades

Idade (dias)	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de deformação secante (GPa)
3	14	17,5
14	26	25
21	28,5	26
28	30	27

Quaisquer reparos necessários em superfícies deverão ser realizados de uma só vez e imediatamente após a remoção das fôrmas.

Os prazos de desforma acima citados são devidos a melhorar a cura. Embora o concreto tenha atingido a resistência a compressão, deve ser evitado a desforma antecipada, para se evitar a perda de água, que permitirá a entrada de agentes agressivos e a instalação de células de corrosão nas armaduras ou mesmo uma carbonatação mais intensa, desprotegendo o aço, bem como propiciará o aparecimento de fissuras que comprometem a estanqueidade do

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 22/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

concreto.

3.6.5 Liberação para Trabalhos de Compactação

Os trabalhos de compactação só poderão ser inicializados após a realização de ensaios para comprovação das propriedades mecânicas do concreto, conforme Tabela 3.4 acima e respeitando os prazos mínimos:

- Reaterro lateral das paredes: 14 dias do término do lançamento de concreto daquele trecho da estrutura. Caso a estrutura seja do tipo galeria ou bueiro, o prazo para o reaterro deve ser medido a partir da concretagem da laje superior.
- Reaterro sobre a laje superior: 28 dias do término do lançamento de concreto daquele trecho da estrutura.

3.7 PREPARO PARA LANÇAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.7.1 Superfícies de Fundação

Imediatamente antes do lançamento do concreto, todas as superfícies de fundação sobre as quais ou de encontro às quais o concreto deva ser lançado, deverão estar livres de água, lodo ou detritos, limpas e isentas de óleo, aderências indesejáveis, fragmentos soltos, semi-soltos e alterados.

Superfícies porosas nas fundações de encontro às quais o concreto será lançado, deverão ser completamente umedecidas, de modo que a água do concreto fresco recém-lançado não seja absorvida.

Todas as infiltrações de água, caso ocorram, deverão ser coletadas por meio de drenos de brita, cobertos com argamassa de pega rápida e dispendo de tubo coletor (para drenagem e/ou injeção), ou por meio de outros métodos aprovados pela FISCALIZAÇÃO. Toda a água coletada nos drenos deverá ser bombeada durante o período de concretagem.

Logo depois que a infiltração for controlada, a tubulação de drenagem deverá ser concretada e/ou injetada.

Depressões ou irregularidades nas fundações deverão ser preenchidas com uma camada de argamassa ou concreto de regularização, com no mínimo 10 cm.

O concreto não deverá ser lançado em nenhum local da fundação sem a prévia aprovação da FISCALIZAÇÃO.

3.7.2 Superfícies das Juntas de Construção e de Dilatação

As superfícies de concreto sobre as quais, ou de encontro às quais, o concreto novo será lançado, devendo a elas aderir, mas que tenham se tornado tão rígidas que o concreto novo

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 23/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

não possa ser incorporado ao concreto antigo, são definidas como juntas de construção.

As superfícies das juntas de construção deverão se apresentar limpas, apicoadas e umedecidas antes de serem cobertas com o concreto fresco.

A limpeza consistirá de remoção de nata, concreto solto ou defeituoso, areia ou outros materiais estranhos.

As superfícies das juntas de construção deverão ser limpas com jato d'água ou qualquer outro método aprovado pela FISCALIZAÇÃO, que produza resultados satisfatórios imediatamente antes do início do lançamento do concreto.

Na limpeza das juntas de construção, deverá ser tomado cuidado para evitar excesso de desbastamento.

Depois do tratamento, a superfície deverá ser limpa e lavada, enquanto houver sinais de turvação da água, imediatamente antes do início de novo lançamento.

As juntas de dilatação devem ser executadas de tal modo a permitirem absoluta liberdade de movimento entre as estruturas de concreto e não deverão receber qualquer tratamento, além do indicado no projeto.

3.7.3 Junta Fria

Considera-se como junta fria a junta de construção não programada que pode ocorrer acidentalmente durante o lançamento do concreto.

Sua presença é constatada no momento em que um vibrador, funcionando, não penetra pelo seu próprio peso através da superfície da camada de concreto, exigindo, para o estabelecimento de continuidade do processo construtivo, cuidados especiais para obtenção de superfície, aderência mecânica na continuidade da concretagem.

As juntas frias deverão ser evitadas. No momento em que se constatarem condições tendentes à sua formação, deve-se providenciar, imediatamente, o confinamento e a vibração das cabeças das camadas, evitando suas superposições. Nessa operação, deve-se cuidar para que a superfície da junta fique em rampa suave de (2:1).

As superfícies das juntas devem receber tratamento com escova de aço, jateamento de areia ou qualquer outro processo que proporcione a formação de dentes, ranhuras ou saliências. A superfície da junta concretada anteriormente deve passar por uma limpeza (lavagem com água) dos materiais pulverulentos, nata de cimento, graxa ou quaisquer outros prejudiciais à aderência.

O tratamento indicado, ou qualquer outro aprovado pela FISCALIZAÇÃO, deverá proporcionar à superfície da junta condições de aderência com o concreto a ser lançado.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 24/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

3.7.4 Juntas de Construção

Consideram-se como juntas de construção a superfície resultante do contato de uma camada de concreto recém-lançada, com a superfície de concreto já existente, e de tal modo endurecida, que não permita uma íntima fusão entre as camadas e que, mesmo por ação de vibração, o concreto novo não mais se incorpora com o anteriormente lançado.

A utilização com traço com elevado Slump, nas execuções das cabeças, deverá ser evitada por determinar junta frágil com muita porosidade.

Os resíduos não consolidados de concreto, que resultem soltos na superfície, deverão ser removidos antes que os trabalhos de preparo da superfície da junta sejam iniciados.

Para as juntas, a critério da FISCALIZAÇÃO, o corte do concreto deverá ser feito com jato de areia e água, horas antes do reinício da nova etapa de lançamento, seguido de completa lavagem. A idade do concreto já existente deve ser superior a 15 horas e inferior a 72 horas e apresentar resistência suficiente para evitar que o agregado graúdo se destaque na superfície tratada.

Se a idade do concreto for superior a 72 horas, deve-se apicoar toda a superfície que entrará em contato com o concreto novo.

O preparo de juntas de construção com corte de ar e água poderá ser executado desde que se situe na faixa de 4 a 15 horas após o lançamento. O intervalo de tempo ideal dependerá da temperatura ambiente e dos fatores intrínsecos do concreto.

Qualquer corte com ar e água somente será autorizado se previstos os seguintes cuidados:

- Não serem executados prematuramente, para evitar erosões e desprendimento do agregado graúdo;
- Quando o início da concretagem for superior a 48 horas, deverá ser feita aplicação de jatos de água e ar na superfície da junta para sua limpeza, com antecedência de 3 a 4 horas.

No caso de ocorrer contaminação em juntas tratadas por esse processo de limpeza, deverá ser feito um novo tratamento com jato de areia, aplicado momentos antes do próximo lançamento.

É importante que durante o lançamento não haja superposições de cabeças entre duas camadas. Deverá ser mantida sempre uma distância razoável e constante entre as cabeças de concretagem.

A retomada da concretagem deve se dar de tal modo que seja evitado o efeito de ricochete sobre a superfície endurecida.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 25/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

O concreto lançado deverá ser vibrado de modo a pressionar a cabeça da junta.

3.7.5 Junta de Construção com Tratamento à Base de Resina Epóxi

A FISCALIZAÇÃO, a seu critério, ou mesmo por indicação da CONTRATADA, com aprovação da FISCALIZAÇÃO, em locais aprovados por ela, poderão ser executados os seguintes serviços, em juntas de construção:

- As superfícies deverão estar isentas de poeira, nata de cimento, graxa, óleo, parafina ou qualquer substância estranha.
- Antes da aplicação do epóxi, a superfície do concreto deverá estar completamente seca, devendo-se observar se, ao se fazer jateamento com ar comprimido, esse ar não contenha vapor de água.
- A resina à base de epóxi deverá ser preparada em pequenas quantidades (componente A + componente B), de tal modo que haja tempo de se recobrir, com concreto, uma porção tal da superfície de modo que ainda não haja iniciado o endurecimento da mistura dos dois componentes aplicada nesta superfície.
- O tempo de vida útil (pot-life) depende da marca do produto e da temperatura ambiente, desde que as proporções entre os dois componentes estejam corretas.
- Poderá ser utilizado adesivo estrutural à base de epóxi de qualquer fabricante, ou distribuidor renomado, tal como: Sikadur 32 (Sika) ou outra marca, de fabricante idôneo.
- Deverá ser colocada na obra quantidade de produto superior ao consumo estimado que, no caso, seria em torno de 1,5 a 2 kg/m², já que, se o consumo real for maior que o estimado, não haverá material de sobra, e seria criada uma nova junta fria, que poderia se apresentar até mesmo em piores condições que a primeira.

3.7.6 Juntas de Dilatação no Concreto

Considera-se como junta de dilatação, a interrupção no concreto com a finalidade de reduzir tensões internas que possam resultar em impedimentos a qualquer tipo de movimentação da estrutura, principalmente em decorrência de retração ou rebaixamento da temperatura.

As juntas de dilatação no concreto deverão ser rigorosamente executadas de acordo com os detalhes previstos no projeto. Dentro da realidade encontrada na obra, a CONTRATADA deverá submeter à aprovação da FISCALIZAÇÃO, antecipadamente, os locais de juntas, bem como os detalhes e especificações da execução.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 26/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

Depois de concluído todo o trabalho, a argamassa solta, ou que estiver formando conchas delgadas capazes de se estilhaçarem com o movimento, deve ser retirada cuidadosamente de todas as juntas usando-se um cinzel fino. Todas as juntas de dilatação devem ser construídas com material elástico flexível que satisfaça os requisitos necessário conforme preconizado no projeto. Para estabelecer descontinuidade estrutural do concreto deve-se utilizar isopor.

As juntas de dilatação não deverão receber qualquer tratamento, além do indicado no projeto.

3.7.7 Dispositivos de vedação

Todos os dispositivos de vedação elástica deverão ser instalados de maneira a formar um diafragma estanque, contínuo em cada junta e serão posicionados conforme indicado nos desenhos ou determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Os dispositivos de vedação elástica deverão ser instalados com aproximadamente metade de sua largura embutida no concreto, em cada lado da junta, a menos que seja detalhado de maneira diferente nos desenhos.

Deverá ser tomado cuidado no lançamento e vibração do concreto próximo ao dispositivo de vedação, para obtenção de aderência completa entre o dispositivo de vedação e o concreto.

Deverão ser adotadas providências adequadas para o apoio e proteção dos dispositivos de vedação durante o andamento dos serviços, e para que suas superfícies permaneçam totalmente isentas de óleo, graxa, ou outras substâncias contaminantes.

Deverão ser usados dispositivos de vedação de PVC, conforme mostrado nos desenhos, ou determinado pela FISCALIZAÇÃO, sendo que, preferencialmente, sem o uso de emendas desses perfis.

No caso de necessidade de emendas, elas deverão ser localizadas apenas nas paredes, e a 1,0 m acima da face superior da laje de fundo.

As emendas só poderão ser (de topo) e executadas por processo de solda autógena e seguindo as instruções do fabricante. O aquecimento deverá ser controlado e o suficiente apenas para fundir o material sem carbonizá-lo.

Os dispositivos de vedação instalados em um lado de uma junta e que fiquem expostos 30 dias ou mais, sem que o outro lado venha a ser concretado, deverão ser cobertos ou protegidos de outra forma contra os raios diretos do sol e outros agentes externos que possam vir a danificá-los.

Os materiais de enchimento de juntas (mastique elástico, isopor ou equivalente), deverão ser aplicados nos locais mostrados nos desenhos ou determinados pela FISCALIZAÇÃO, de acordo com instruções ou recomendações do fabricante e na falta destas, de acordo com recomendações da FISCALIZAÇÃO.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 27/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

3.8 LANÇAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.8.1 Lançamento

O concreto deverá ser lançado somente com tempo seco, a não ser que seja autorizado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

Não deverá ser usada argamassa nas juntas de construção, para evitar camadas permeáveis entre duas camadas consecutivas de concreto.

O concreto remisturado não deverá ser usado. Qualquer concreto, que tenha endurecido de tal forma que sua colocação adequada não possa ser assegurada, será rejeitado.

O concreto deverá ser descarregado o mais próximo possível de sua posição definitiva, não devendo ser obrigado a fluir, de modo que o movimento lateral permita ou cause segregação.

Os métodos e equipamentos empregados no lançamento do concreto nas formas deverão ser tais que evitem a segregação dos agregados graúdos da massa de concreto.

Iniciado o lançamento, a concretagem não deverá ser interrompida até que toda a concretagem do módulo tenha sido concluída.

A colocação do concreto deve ser contínua, e conduzida de forma a não haver interrupções superiores a duas horas, caso a temperatura ambiente seja cerca de 24°C ou menos. Para temperaturas mais elevadas, o tempo máximo de interrupções deverá ser de no máximo de uma hora.

Nas interrupções dos lançamentos do concreto, as juntas de construção deverão ter os cuidados já descritos no preparo dos lançamentos.

As juntas de construção deverão ser aproximadamente horizontais, a não ser quando indicado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

As etapas de concretagem devem ser cuidadosamente definidas e aprovadas pela FISCALIZAÇÃO. A concretagem da laje de fundo deverá ocorrer até o limite superior da mísula (caso detalhado em projeto) ou a 15 cm acima da laje, conforme indicado na Figura 3.1 abaixo. O mesmo procedimento deve ser aplicado para a laje de topo, no caso de galerias e bueiros.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 28/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

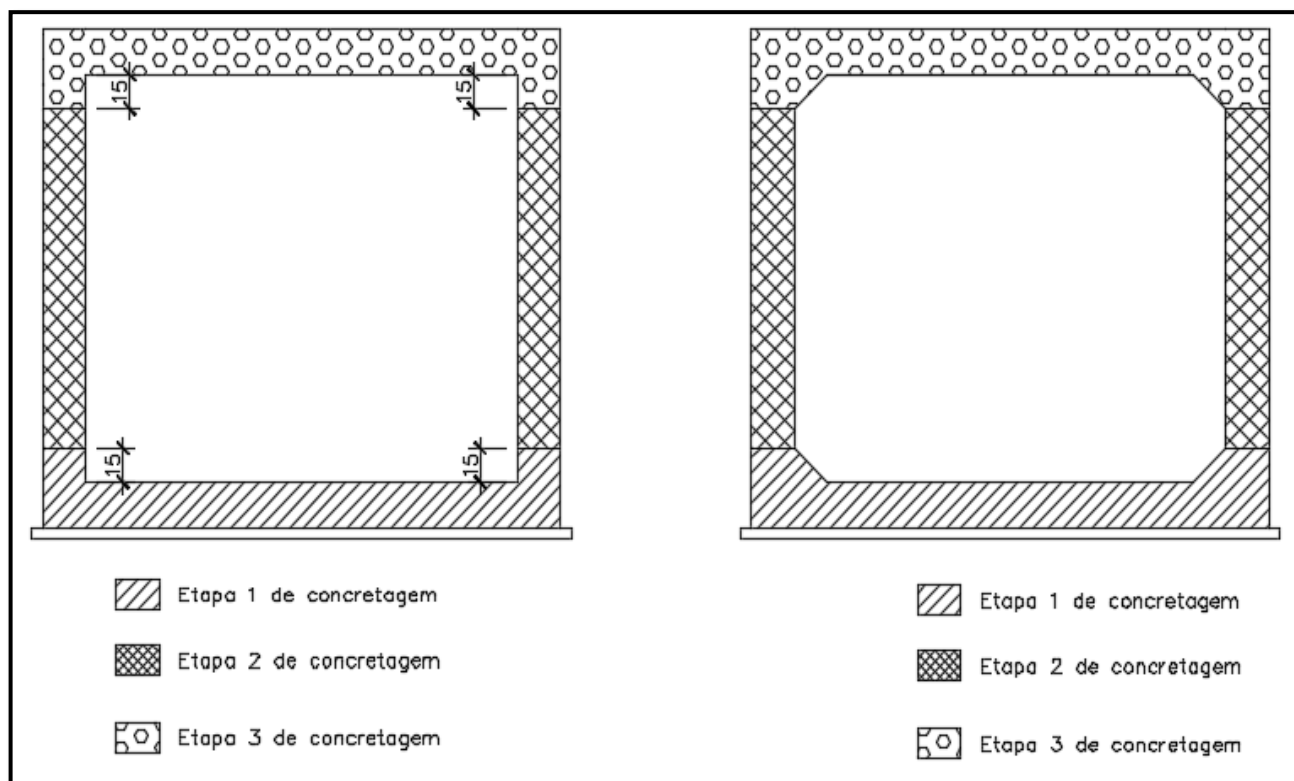


Figura 3.1 – Etapas de concretagem

O concreto deve formar uma pedra artificial compacta e estanque com superfícies lisas nas faces expostas; não deverá haver manchas, nem vazamentos, e as fissuras devido à retração devem ser reparadas; não poderão haver eflorescências nem reação álcali agregado e o concreto deverá ser garantido para uma vida útil de no mínimo 50 anos.

Quando qualquer parte de concreto ficar poroso, ou apresentar qualquer outro defeito, deve ser retirado e substituído, total ou parcialmente, como for exigido pela FISCALIZAÇÃO.

3.8.2 Adensamento

O concreto deverá ser adensado até a densidade máxima praticável, livre de bolsas de ar e de vazios entre agregados graúdos, ficando aderido a todas as superfícies das formas e dos materiais embutidos.

O adensamento do concreto em estruturas deverá ser feito por vibradores do tipo imersão, com acionamento elétrico ou pneumático.

Antes do início do lançamento do concreto, todos os vibradores a ar comprimido e as mangueiras deverão ser inspecionados para verificação de possíveis defeitos.

Quando imersos no concreto, os vibradores cujo tubo vibratório tenha diâmetro igual ou superior a 10 cm, deverão ser operados com velocidades de, pelo menos, 6.000 rpm e os de

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 29/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

diâmetro inferior a 10 cm com velocidades de, pelo menos, 7.000 rpm.

O vibrador deverá operar no adensamento do concreto em posição próxima da vertical, deixando o tubo vibratório penetrar e revibrar o concreto na parte superior.

Deverão ser tomadas precauções para evitar o contato dos tubos vibratórios com as faces das formas, aço da armadura e partes embutidas.

Deverá ser evitada vibração excessiva que possa causar segregação e exsudação.

3.9 CURA E PROTEÇÃO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

A CONTRATADA deve ter em seu poder, para uso imediato, todos os materiais e equipamentos necessários para a cura adequada e proteção do concreto antes que se inicie a concretagem. A cura deve ser iniciada imediatamente após o início da pega do concreto.

Em geral, o concreto deve ser curado como segue:

3.9.1 Cura com Água

O concreto de cimento Portland comum, curado com água, deverá ser mantido úmido pelo menos durante 14 dias.

A cura com água deverá começar assim que o concreto tenha endurecido suficientemente para evitar danos devidos ao umedecimento da superfície. As superfícies a serem cobertas, ou preenchidas com solo, só necessitam ser curadas até ser colocado o referido aterro.

O concreto deverá ser mantido úmido, sendo coberto por um material saturado de água como, por exemplo, uma camada de areia ou por um sistema de tubos perfurados, ou aspersão mecânica, ou por qualquer método que mantenha todas as superfícies a serem curadas continuamente (não periodicamente) molhadas.

No caso de se utilizar manta para cura de concreto, utilizar aquelas associadas a filme plástico, preferencialmente, que no uso atenderá às especificações do fabricante. O tempo de cura com água poderá ser reduzido, mas nunca menor que 4 dias completos consecutivos, contados a partir do término do lançamento do concreto neste trecho.

Esta redução do prazo de cura dependerá das condições climáticas, e deverá ser aprovada pela FISCALIZAÇÃO.

As fôrmas em contato com concreto novo deverão ser também mantidas molhadas, de modo a conservar a superfície do concreto novo, tão fria quanto possível.

A água utilizada na cura do concreto deverá atender às mesmas exigências que a água usada no amassamento do concreto.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 30/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

3.9.2 Cura Química

Os compostos para cura química devem ser usados de acordo com as indicações do fabricante, depois de aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

3.10 ACABAMENTO E MÉTODOS DE ACABAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.10.1 Geral

As classes de acabamento e as exigências para cada tipo de acabamento das superfícies de concreto deverão ser como especificadas neste item. O acabamento de superfícies de concreto somente deverá ser executado por pessoal habilitado. A CONTRATADA deverá manter a FISCALIZAÇÃO a par da ocasião em que o acabamento em concreto será executado. O acabamento em concreto deverá ser executado somente na presença de representante da FISCALIZAÇÃO.

As superfícies de concreto serão verificadas, onde necessário, para determinar se as irregularidades das superfícies estão dentro dos limites aqui especificados. As irregularidades de superfície são classificadas como abruptas ou graduais.

Ressaltos causados por deslocamentos ou desvios do revestimento, do forro das fôrmas, de seções de fôrmas, ou por outro defeito no revestimento delas, serão considerados como irregularidades abruptas e serão verificados por medição direta.

Todas as outras irregularidades serão consideradas como irregularidades graduais e serão verificadas pelo emprego de gabarito, que será uma régua, ou seu equivalente para superfícies curvas. O comprimento do gabarito será de 1,5 m para verificação de superfícies de acabamento tipo F3 e U3 e de 3 m para verificação de superfícies de outros tipos.

O acabamento de superfícies de concreto deverá ser preciso, perfeito, liso e livre de rebarbas, buracos, depressões, vazios, manchas e outros defeitos prejudiciais, tal como especificado neste item.

Imediatamente após a remoção das fôrmas, o acabamento da superfície deverá ser inspecionado e submetido à aprovação da FISCALIZAÇÃO. A aprovação da superfície levará em conta o tipo de acabamento especificado e a localização da superfície na Obra.

Cuidado especial deverá ser tomado no adensamento e acabamento de concreto sujeito à abrasão, ou cavitação, por ação da água, para se ter certeza de que as superfícies completadas sejam lisas, duras, densas e isentas de concentrações de agregado fino e pasta de cimento endurecido.

Os acabamentos a serem dados às várias superfícies serão como especificados adiante. No caso de acabamentos não claramente especificados aqui, o acabamento a ser usado deverá ser aquele especificado para superfícies similares adjacentes ou de acordo com a

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 31/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

determinação da FISCALIZAÇÃO.

3.10.2 Superfícies de Concreto Colocadas contra Fôrmas

As classes de acabamento para superfícies de concreto colocado contra formas, exceto as superfícies para as quais sejam exigidos acabamentos especiais, serão indicadas pelos símbolos F1, F2 e F3.

Não será necessário esmerilhamento em tais superfícies, a não ser aquele indicado para correção de imperfeições das mesmas, como já especificado. Salvo especificação em contrário, as classes de acabamento serão as seguintes:

3.10.2.1 Acabamento F1

O acabamento F1 aplica-se a superfícies sobre, ou contra, as quais o concreto deverá ser colocado. As superfícies não exigem tratamento depois da remoção da forma, exceto para reparo do concreto defeituoso, e enchimento de cavidades deixadas pela remoção dos fixadores das formas, como exigido no item "Reparos no Concreto".

A correção das irregularidades, neste tipo de superfície, será necessária somente para as depressões cujas medidas excedam a 3,0 cm.

3.10.2.2 Acabamento F2

O acabamento F2 aplica-se a superfícies que não estejam permanentemente cobertas por material de enchimento, ou concreto, ou que não requeiram acabamento F3. Exceto como doravante previsto, as irregularidades medidas de superfície em acabamento F2 não poderão exceder a 6 mm para irregularidades abruptas, e 12 mm para irregularidades graduais.

3.10.2.3 Acabamento F3

O acabamento F3 aplica-se às superfícies para as quais o alinhamento exato e a regularidade sejam de importância do ponto de vista da eliminação de efeitos destrutivos ao fluxo da água ou em outros casos, a critério da FISCALIZAÇÃO.

As irregularidades de superfície com acabamento F3, medidas como descrito anteriormente, não poderão exceder a 6 mm para irregularidades abruptas paralelas à direção do fluxo, e a 3 mm, para irregularidades abruptas não paralelas à direção do fluxo, ou para irregularidades abruptas de superfície, cuja aparência seja de importância especial. Nas juntas de construção, não serão permitidas irregularidades abruptas.

As irregularidades graduais não deverão exceder a 6 mm.

Todas as irregularidades maiores do que as especificadas para esta classe de acabamento deverão ser eliminadas por esmerilhamento em bisel, cuja razão da altura pelo comprimento é de 1 para 20, no caso de superfícies consideradas de importância especial. Para superfícies

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 32/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

sujeitas à ação da água, o esmerilhamento em bisel será de 1 para 50, e de acordo com indicações da FISCALIZAÇÃO.

3.10.3 Superfícies Obtidas sem Fôrmas

As classes de acabamento para superfícies de concreto lançado sem uso de formas são indicadas pelos símbolos U1, U2 e U3. As superfícies interiores serão inclinadas para permitir drenagem, onde indicado nos desenhos de forma, ou determinado pela FISCALIZAÇÃO. As superfícies que serão expostas ao tempo e que normalmente seriam horizontais deverão ser inclinadas para permitir a drenagem, de acordo com os desenhos ou determinações da FISCALIZAÇÃO. Salvo especificação em contrário, estas classes de acabamento aplicam-se do seguinte modo:

3.10.3.1 Acabamento U1

O acabamento U1 (nivelamento à régua) aplica-se a superfícies que serão cobertas por material de reaterro, de enchimento, ou por concreto.

O acabamento U1 é também usado como o primeiro estágio dos acabamentos U2 e U3.

As operações de acabamento deverão consistir no espalhamento de concreto, e passes de régua suficientes para produzir superfícies uniformes e niveladas.

As irregularidades de superfície medidas não poderão exceder a 15 mm.

3.10.3.2 Acabamento U2

O acabamento U2 (acabamento à desempenadeira) aplica-se a superfícies que não estejam permanentemente cobertas por material de enchimento, aterro, ou concreto, ou não necessitem receber o acabamento U3.

O acabamento U2 é também usado como o segundo estágio do acabamento U3. O alisamento poderá ser executado pelo uso de equipamento manual, ou mecânico. O alisamento deverá ser iniciado tão logo a superfície nivelada à régua tenha endurecido suficientemente, e deverá ser o mínimo necessário para produzir uma superfície que seja isenta de marcas de régua e de textura uniforme.

Quando o acabamento U2 tiver que ser aplicado, o alisamento será contínuo, até que uma pequena quantidade de argamassa, sem água em excesso, venha à superfície, a fim de permitir alisamento efetivo por desempenadeira.

As irregularidades da superfície no acabamento U2 medidas não poderão exceder a 6 mm.

As juntas e bordas deverão ser trabalhadas onde mostrado nos desenhos, ou onde for determinado pela FISCALIZAÇÃO.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 33/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

3.10.3.3 Acabamento U3

O acabamento U3 será aplicado aos mesmos tipos de superfícies para as quais é exigido o acabamento F3.

Onde o acabamento U3 for indicado, o alisamento com desempenadeira de aço, pá mecânica, ou similar, deverá ser iniciado quando a superfície já alisada tenha endurecido suficientemente para evitar que seja arrastado o excesso de material fino para a superfície.

O alisamento com desempenadeira de aço deverá ser executado com certa pressão, de modo a aplainar a textura arenosa da superfície já alisada, e produzir uma superfície densa e uniforme, livre de manchas ou marcas de colher. O alisamento não deverá ser exagerado a ponto de provocar excesso de calda junto à superfície.

As irregularidades graduais de superfície medidas não poderão exceder a 6 mm, e não serão permitidas quaisquer irregularidades abruptas.

3.11 REPAROS NO CONCRETO

O concreto que for danificado por qualquer causa, o concreto com ninhos, fraturado, com depressões excessivas, ou com outros defeitos deverá ser removido e substituído por argamassa ou concreto, conforme especificado adiante.

Exceto em casos muito excepcionais, os reparos das imperfeições no concreto executado com fôrmas deverão ser feitos imediatamente após a remoção das mesmas.

O enchimento com argamassa poderá ser usado para reparar defeitos em superfícies quando as áreas defeituosas forem extensas e rasas.

O enchimento com concreto deverá ser usado para cavidades que se estendam através da seção de concreto, para furos onde não haja armadura e que tenham área superior a 1.000 cm², e profundidade superior a 10 cm, e para cavidades, em concreto armado, que tenham área superior a 500 cm² e que se prolonguem além da armadura.

Em áreas sujeitas a escoamento de água em alta velocidade, os reparos de depressões deverão ser feitos com argamassa preparada com Sika Top 122 ou similar, previamente aprovada pela FISCALIZAÇÃO.

Todo o concreto defeituoso deverá ser removido, bem como pelo menos 2 cm de concreto sã, ao longo de todas as superfícies de contorno do reparo.

O concreto deverá ser cortado em forma de cunha, com as bordas em ângulos próximos a 90°.

Todos os enchimentos deverão ficar firmemente ligados às superfícies dos furos e não apresentar trincas de retração depois de curados e secos.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 34/40	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0	

3.12 TOLERÂNCIAS PARA CONSTRUÇÃO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.12.1 Geral

As irregularidades admissíveis das superfícies de concreto, de acordo com o especificado, deverão ser diferenciadas das tolerâncias descritas a seguir.

A FISCALIZAÇÃO se reserva o direito de reduzir os valores das tolerâncias aqui definidos, se esses prejudicarem a ação estrutural, ou operação funcional da estrutura.

Quando não forem estabelecidas as tolerâncias para qualquer estrutura individual, ou parte da mesma nessas especificações, ou nos desenhos, os desvios permissíveis serão estabelecidos de acordo com as determinações da FISCALIZAÇÃO.

3.12.2 Tolerâncias em relação a alinhamentos, cotas e dimensões de projeto

A CONTRATADA será responsável pela locação, colocação e manutenção das fôrmas de concreto, de modo que os desvios das diversas estruturas em relação aos prumos, níveis, alinhamentos, perfis e dimensões indicadas nos desenhos de projeto se mantenham dentro dos limites de tolerâncias preconizadas pela NBR14931 e NBR6118.

As estruturas de concreto serão verificadas pela FISCALIZAÇÃO, sendo objeto das inspeções e medições necessárias para determinar se os alinhamentos, cotas e dimensões de projeto respeitam as tolerâncias indicadas na NBR 14931, principalmente o preconizado no seu item 9.2.4.

3.13 ARMADURA DE AÇO

3.13.1 Geral

Serão consideradas armaduras para concreto armado, as que satisfaçam a NBR 7480 da ABNT.

As barras não poderão apresentar defeitos prejudiciais tais como: fissuras, esfoliações, bolhas, oxidação excessiva e corrosão.

Deverão ser rejeitadas as barras que não satisfizerem a esta especificação. Se a porcentagem de barras defeituosas for elevada, de modo a tornar praticamente impossível a sua separação e rejeição, todo o conteúdo deverá ser rejeitado.

As tolerâncias, amostragens, condições de aceitação, rejeição do lote e ensaios, deverão seguir às determinações da norma NBR 7480

De acordo com as normas da ABNT, deverá ser utilizado o seguinte tipo de aço:

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 35/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

- CA-50
- $\phi_{\text{máx.}} = 3/4''$ (20 mm);
- Barras nervuradas.

3.13.2 Projeto

Os desenhos de armadura e a relação de ferros indicando as dimensões de corte e dobramento serão fornecidos pela PROJETISTA.

Se o material com os diâmetros especificados não estiver disponível no local da obra, a FISCALIZAÇÃO poderá determinar o emprego de outros diâmetros, com as necessárias modificações, desde que seja comunicado à PROJETISTA.

3.13.3 Corte e Dobramento

A armadura de aço deverá ser cortada a frio e dobrada com equipamento adequado, de acordo com prática usual, e as normas da ABNT. Não será permitido o aquecimento do aço da armadura para facilitar o dobramento.

A armadura de aço preparada para colocação será guardada de modo adequado, a fim de evitar o contato com o solo e lama, bem como deverá ser etiquetada, para permitir pronta identificação.

3.13.4 Colocação da Armadura

A armadura, antes de ser colocada em sua posição definitiva, deverá ser totalmente limpa, ficando isenta de terra, graxa, tinta, carepas e substâncias estranhas, que possam reduzir a aderência, e deverá ser mantida limpa até que esteja completamente embutida no concreto.

A armadura de aço deverá ser apoiada na posição definitiva, como indicado nos desenhos, e de maneira tal que suporte, sem deslocamentos, as operações de lançamento do concreto. Isso poderá ser obtido com o emprego de barras de aço, blocos pré-moldados de argamassa, ganchos de metal ou outros dispositivos aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Não será permitida a colocação de armadura de aço em concreto fresco.

Não será permitido o reposicionamento das barras quando o concreto estiver no processo de endurecimento.

O cobrimento das barras deverá ser como especificado nas normas e desenhos de construção, dentro das tolerâncias determinadas pela FISCALIZAÇÃO. A menos que especificado de outro modo, o cobrimento mínimo não deverá ser inferior a 4,0 cm.

Nas juntas de construção, onde as barras podem permanecer expostas durante um longo período, as mesmas deverão ser protegidas contra corrosão.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 36/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

3.13.5 Emendas nas Barras da Armadura

As emendas deverão ser executadas, rigorosamente, como indicado nos desenhos de projeto.

Não serão permitidas emendas por solda no local de colocação das barras.

Toda a solda estará conforme a Norma AWS 1.12.1 "*Recommended Practices for Welding Reinforcing Steel Metal Inserts and Connections in Reinforced Concrete Construction*".

As emendas por solda, caso existam, deverão suportar no mínimo 125% da tensão de escoamento das barras quando ensaiadas à tração. Qualquer outro tipo de emenda deverá igualar em resistência a uma emenda por caldeamento. Emendas tipo Cadweld, ou equivalente, deverão ser executadas de acordo com as instruções do fabricante.

O concreto não poderá ser lançado antes que a FISCALIZAÇÃO tenha inspecionado e aprovado a colocação da armadura.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC -	PÁGINA 37/40	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0	

4.0 DEFENSAS METÁLICAS

As defensas metálicas, dispositivos de proteção lateral nas rodovias, deverão ser executadas de acordo com as prescrições da NBR 6971.

O guarda-corpo deve ser fixado sempre em concreto armado.

1.1 MATERIAIS

Todos os materiais a serem utilizados deverão ter certificados de testes de qualidade emitidos na sua origem ou relatórios de ensaios executados pelo Fabricante, conforme normas ABNT e ASTM. A FISCALIZAÇÃO, quando julgar necessário, poderá solicitar ao Fabricante novos testes para comprovação de qualidade, o qual, providenciará as amostras e os respectivos ensaios.

1.2 TRANSPORTE, RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS

Todo o material pronto para ser embarcado deverá ser devidamente acondicionado. Todas as peças pertencentes a um mesmo tipo de estrutura deverão ser acondicionadas em volumes com a mesma identificação.

As embalagens, caixas e volumes deverão ser marcados claramente, indicando-se o tipo da estrutura, conteúdo e quantidade, de tal forma que no recebimento possam ser facilmente conferidos.

O transporte deve ser adequado e seguro de todos os materiais, evitando danos durante a carga, transporte e descarga. O material enviado à obra deve ser acompanhado do pessoal e equipamento necessário à descarga.

Materiais devem ser estocados na obra sobre estrados de madeira e protegidos contra intempéries e sujeira.

1.3 PROTEÇÃO PASSIVA

Todas as peças de aço estrutural deverão ser submetidas à proteção contra corrosão. O tipo de proteção (pintura e/ou galvanização) será definido e aprovado pela FISCALIZAÇÃO conforme sua importância operacional e agressividade ambiente a que está localizado.

A CONTRADADA, juntamente com a FISCALIZAÇÃO deverá certificar-se quanto à compatibilidade entre a tinta de fundo e a de acabamento. Os Fabricantes das tintas e demais materiais deverão fornecer instruções de uso e especificações completas dos mesmos para que não haja aplicações incorretas de suas tintas.

Qualquer superfície a ser pintada deverá ser completamente limpa de toda sujeira, pó, graxa, óleo, oxidação ou qualquer outra substância prejudicial, antes da aplicação da tinta. Deverão ser utilizados produtos e sistemas de limpeza não prejudiciais à superfície, ao sistema de

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 38/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

pintura e ao meio ambiente.

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se as superfícies pintadas se apresentam com aspecto uniforme e livre de defeitos, tais como poros, bolhas, escorrimentos e outros. Áreas críticas como cantos, arestas, fendas, rebites, parafusos, porcas e cordões de solda deverão ser rigorosamente inspecionados. Verificar se juntas ou fendas foram devidamente preenchidas com a massa de vedação compatível com as tintas aplicadas.

5.0 GRADES METÁLICAS – ACESSOS ÀS BERMAS

Para garantir o acesso às bermas e crista da Barragem BR EL. 1210m pela margem esquerda, foi previsto, no trecho sobre o canal de ombreira esquerda, a instalação de grade metálica a ser posicionada na parede do canal. Estas grades metálicas foram dimensionadas para acesso de veículos leves - classe II (NBR 6120:2017).

Caberá à CONTRATADA o fornecimento da grade metálica, conforme dimensões e características definidas em projeto e instalação da mesma sobre o canal de ombreira esquerda.

A mesma poderá ser obtida em módulos prontos, padrão SELMEC ou similar.

A malha e espessura deverá ser dimensionada para cargas de veículos leves – classe II (NBR 6120:2017).

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 39/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

6.0 CANAL DE LAMAS

Para a Especificação Técnica Estrutural do canal de lamaz, consultar o documento DF19-263-1-CV-ETC-0002.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº MOSAIC -	PÁGINA 40/40
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-ETC-0003	REV. 0

7.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO	
Razão social: DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA CNPJ: 07.214.006/0001-00	http: www.dfmais.eng.br
<i>Belo Horizonte / MG - dfmais@dfmais.eng.br - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001</i>	

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação
Iara Couto	IC	Estrutural	Revisão do Documento
Gabriela Leite	GL	Estrutural	Dimensionamento Estrutural/Elaboração do Documento



Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002
www.dfmais.eng.br

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 2/39
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0002	REV. 0

SUMÁRIO

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	NORMAS TÉCNICAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
3.0	SOFTWARES UTILIZADOS	3
4.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
5.0	PARÂMETROS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS	5
6.0	DIMENSIONAMENTO TRANSIÇÃO	8
7.0	DIMENSIONAMENTO DO CANAL	18
8.0	ANÁLISE DE FLUTUAÇÃO PARA O CANAL	30
9.0	EQUIPE TÉCNICA	39

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 3/39
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0002	REV. 0

1.0 INTRODUÇÃO

O presente memorial descritivo de cálculo tem por finalidade apresentar as diretrizes, as análises estruturais e os dimensionamentos propriamente ditos de uma estrutura moldada in loco, em concreto armado convencional, inerente ao Canal de Lamas, de propriedade da Mosaic, além de estar em conformidade com todas as descrições normativas vigentes nacionais e internacionais.

2.0 NORMAS TÉCNICAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As normas aplicáveis à estrutura vigentes no ano de 2018:

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 6118:2014 – Projeto de Estruturas de Concreto;
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 8681:2003 – Ações e Seguranças nas Estruturas
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 6122:2010 – Projeto e Execução de Fundações
- Rodrigues, P.P.F.; Cassaro, F.R. – Pisos Industriais de Concreto Armado – São Paulo, IBTS, 2002. 2ed;

3.0 SOFTWARES UTILIZADOS

Para o dimensionamento da estrutura, foram utilizados os seguintes programas:

- Ftool
- Planilhas internas em Excel

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 4/39
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0002	REV. 0

4.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Número do Documento	Descrição
DF19-263-1-EG-DWG-0074	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Arranjo Geral - Planta
DF19-263-1-EG-DWG-0075	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 01/11
DF19-263-1-EG-DWG-0076	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 02/11
DF19-263-1-EG-DWG-0077	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 03/11
DF19-263-1-EG-DWG-0078	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 04/11
DF19-263-1-EG-DWG-0079	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 05/11
DF19-263-1-EG-DWG-0080	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 06/11
DF19-263-1-EG-DWG-0081	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 07/11
DF19-263-1-EG-DWG-0082	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 08/11
DF19-263-1-EG-DWG-0083	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 09/11
DF19-263-1-EG-DWG-0084	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 10/11
DF19-263-1-EG-DWG-0085	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 11/11
DF19-263-1-EG-DWG-0086	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Seções Transversais - FL. 01/04
DF19-263-1-EG-DWG-0087	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Seções Transversais - FL. 02/04
DF19-263-1-EG-DWG-0088	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Seções Transversais - FL. 03/04
DF19-263-1-EG-DWG-0089	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Seções Transversais - FL. 04/04

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 5/39	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0002	REV. 0	

5.0 PARÂMETROS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS

5.1 PARÂMETROS GERAIS

- Peso específico do sedimento interno à estrutura da drenagem.....1,1 tf/m³
- Peso específico do concreto.....2,5 tf/m³
- Resistência Característica do concreto.....fck = 40 MPa
- Resistência Característica do concreto magro.....fck = 10 MPa
- Módulo de Elasticidade.....Ecs = 32 GPa
- Tensão Característica do aço.....fyk = 500 MPa
- Classe de Agressividade.....Classe III
- Cobrimento mínimo da armação.....4,0 cm

5.2 PARÂMETROS DO SOLO

Os parâmetros do solo adotados para dimensionamento foram:

5.2.1 Fundação

- Peso específico saturado: 1,7 tf/m³
- Ângulo de atrito do solo: 30°
- Coesão: 15KPa
- Coeficiente de empuxo ativo:

$$\kappa_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) = 0,333$$

$$\kappa_a = \cos^2(\varphi) = \cos^2(30^\circ) = 0,750$$

5.2.2 Aterro

- Peso específico saturado: 1,9 tf/m³
- Ângulo de atrito do solo: 30°

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 6/39
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0002	REV. 0

- Coesão: 10KPa
- Coeficiente de empuxo ativo:

$$\kappa_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) = 0,333$$

$$\kappa_a = \cos^2(\varphi) = \cos^2(30^\circ) = 0,750$$

5.2.3 Sedimento – Rejeito de Lama

- Peso específico saturado: 1,1 tf/m³

5.3 COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DE AÇÕES E RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

Abaixo os coeficientes de ponderação utilizados no dimensionamento estrutural, conforme ilustrado nas tabelas 11.1 e 12.1 da NBR6118.

- Coeficiente de majoração das ações permanentes: $\gamma_{f,g} = 1,4$
- Coeficiente de majoração das ações variáveis: $\gamma_{f,q} = 1,4$
- Coeficiente de minoração da resistência do concreto: $\gamma_c = 1,4$
- Coeficiente de minoração da resistência do aço: $\gamma_s = 1,15$

5.4 ESTADO LIMITE ÚLTIMO E ESTADO LIMITE DE SERVIÇO

As estruturas são dimensionadas para o Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço, considerando as ações atuantes:

- peso próprio;
- empuxos laterais produzidos pelo solo;
- pressões de sedimento de dentro para fora e de fora para dentro do canal (caso existam);
- empuxos laterais produzidos por sobrecargas na superfície;
- empuxos laterais produzidos por equipamento de compactação durante a execução do aterro;

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 7/39	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0002	REV. 0	

Para as verificações é feita a determinação das situações críticas e são realizadas análises para duas hipóteses de carregamento, considerando os coeficientes de ponderação.

5.4.1 Estado Limite de Último (ELU)

- Carregamento simétrico com pressão lateral máxima de fora para dentro, considerando as pressões laterais do solo, de sobrecargas, quando for o caso, e, se não existir sistema de drenagem, o efeito de água no solo; o coeficiente de empuxo é o ativo.
- Carregamento simétrico com pressão lateral máxima de dentro para fora, considerando as pressões de sedimento de dentro para fora e desconsiderando as pressões laterais do solo.

Com estas duas combinações podem-se determinar os máximos e mínimos esforços solicitantes na estrutura.

5.4.2 Estado Limite de Serviço (ELS)

A verificação do ELS é feita para o Estado para a combinação frequente das ações (ações que se repetem muitas vezes durante o período de vida da estrutura), considerando que o controle de fissuração é imprescindível por razões de estanqueidade da estrutura. Esta verificação é feita após a escolha das armações.

5.5 COMBINAÇÃO DE AÇÕES

Um carregamento é definido pela combinação das ações que têm probabilidades não desprezíveis de atuarem simultaneamente sobre a estrutura, durante um período pré-estabelecido.

- Combinações últimas normais: Em cada combinação devem estar incluídas as ações permanentes e as ações variáveis, com seus valores característicos majorados conforme coeficientes de ponderação (Item 5.3).

$$F_d = (\gamma_{f,g} \times F_{gk}) + \sum (\gamma_{f,q} \times F_{qk})$$

- Combinações Frequentes de serviço: Nas combinações frequentes de serviço, são adotadas as ações permanentes com seus valores característicos, as ações variáveis com seus valores característicos multiplicado por seus coeficientes de ponderação. O coeficiente de ponderação das ações para estados limites de serviço é considerado como $\gamma_f = 1,0$ e não é considerada a minoração das cargas para combinação frequente.

$$F_d = (F_{gk}) + \sum (\gamma_f \times F_{qk})$$

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

8/39

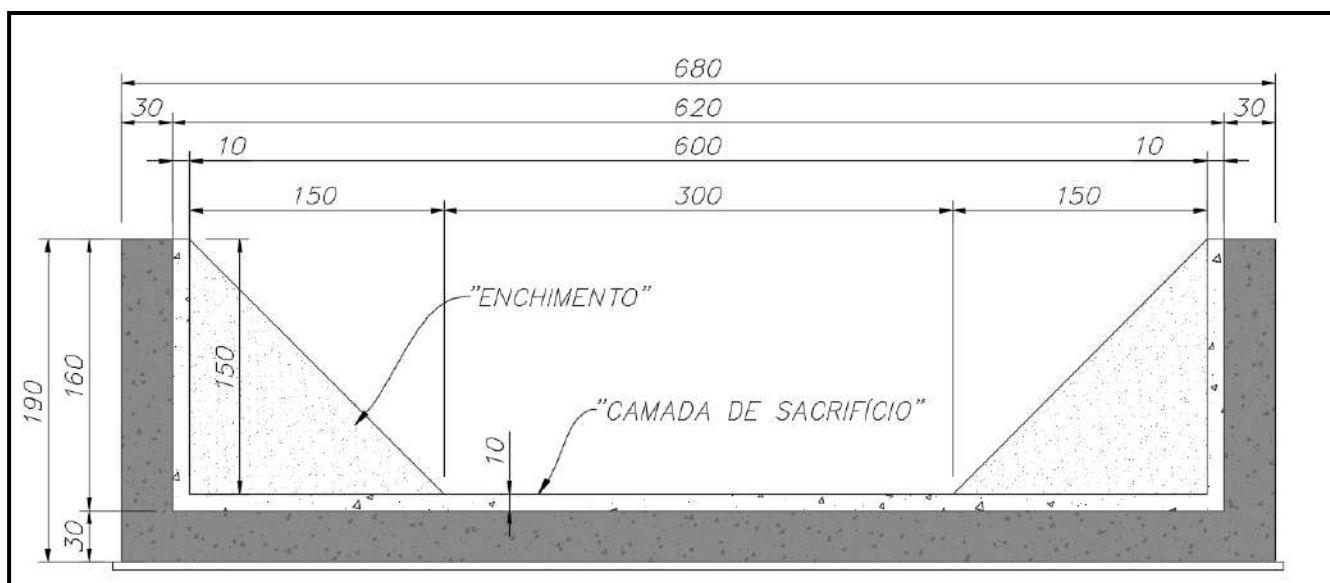
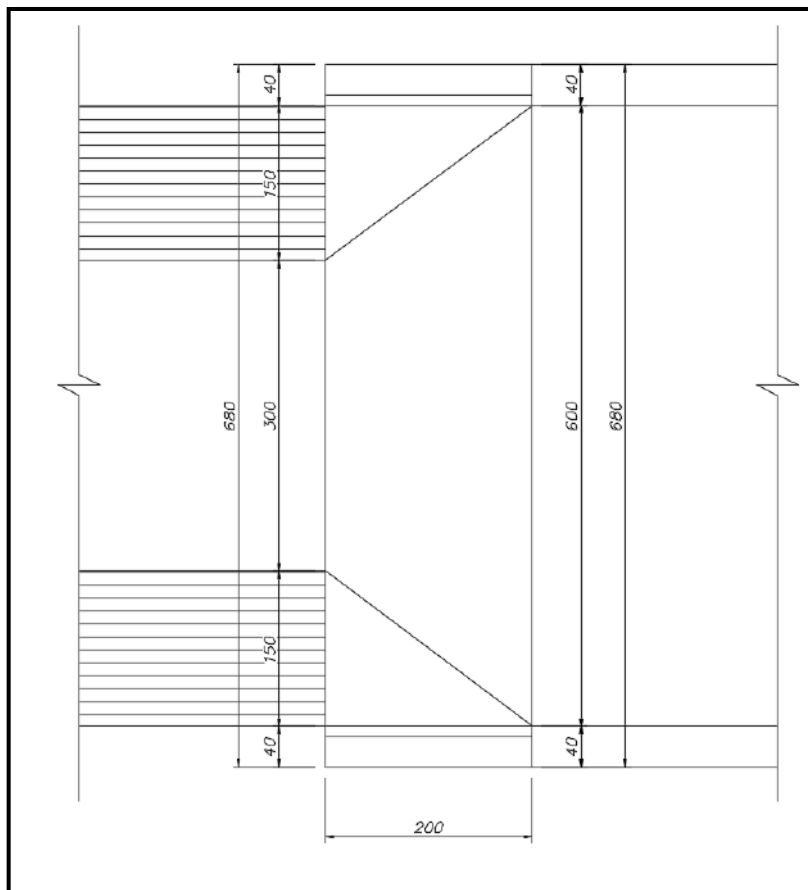
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0002

REV.

0

6.0 DIMENSIONAMENTO TRANSIÇÃO

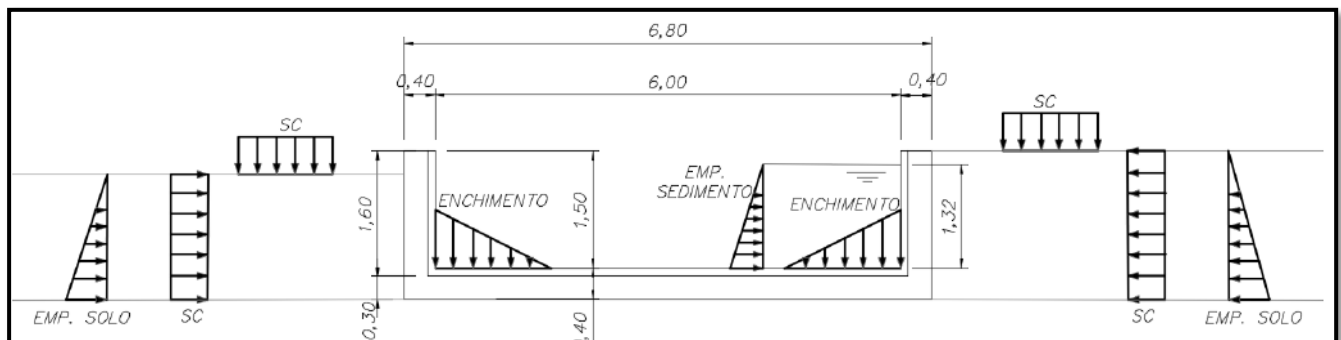


6.1 CARREGAMENTO

Sobrecarga de 0,5 tf/m²

Empuxo do solo

Empuxo de sedimentos



Empuxo do Solo Direita = $\gamma \times h \times K_a = 1,9 \times 1,75 \times 0,750 = 2,494 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga Direita = $sc \times K_a = 0,5 \times 0,750 = 0,375 \text{ tf/m}^2$

Empuxo do Solo Esquerda = $\gamma \times h \times K_a = 1,9 \times 1,75 \times 0,333 = 1,108 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga Esquerda = $sc \times K_a = 0,5 \times 0,333 = 0,167 \text{ tf/m}^2$

Empuxo de Sedimento = $\gamma \times h = 1,1 \times 1,32 = 1,452 \text{ tf/m}^2$

Peso próprio das paredes = $2,5 \times 0,40 \times 1,60 = 1,60 \text{ tf/m}$

Peso próprio da laje de fundo = $2,5 \times 0,40 = 1,00 \text{ tf/m}^2$

Enchimento = $\gamma \times h = 2,4 \times 1,50 = 3,60 \text{ tf/m}^2$ (Variável de 3,60 a 0)

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_v (MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade, compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 10/39
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0002	REV. 0

Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15 \text{ MPa/m}$.
Para a distância entre nós de 50 cm temos:

$$1500 \text{ tf/m}^3 \times 0,50\text{m} \times 1,0\text{m} = 750 \text{ tf/m}$$

Para a determinação da capacidade horizontal de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada no livro Geotecnia de Fundações, pelo Prof. M. Marangon, ilustrada abaixo.

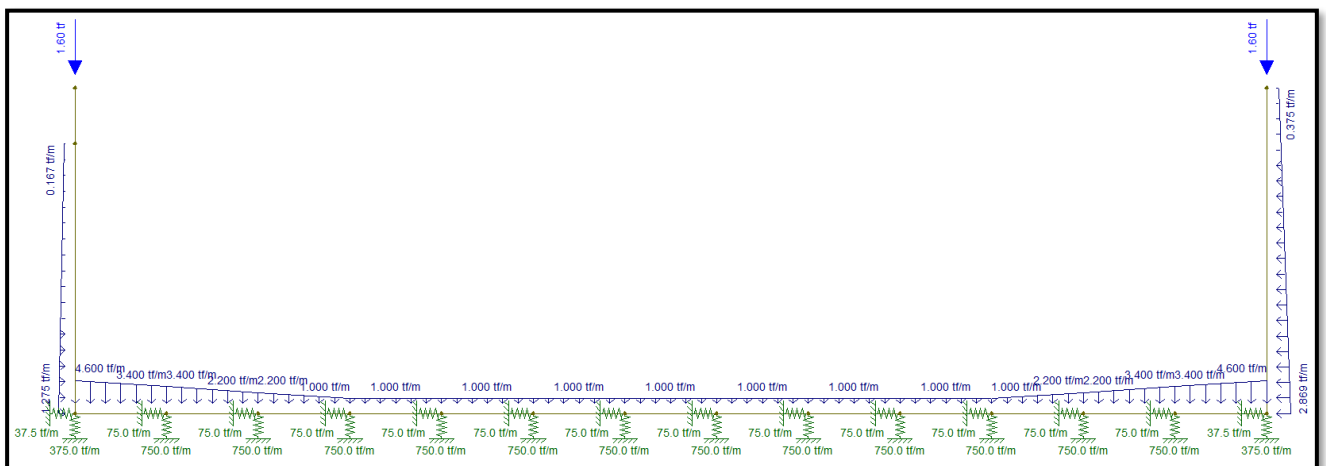
Solo	Coefficiente de Poisson (ν)
Argila saturada	0,4-0,5
Argila não-saturada	0,1-0,3
Argila arenosa	0,2-0,3
Silte	0,3-0,35
Areia compacta	0,2-0,4
Areia grossa (e = 0,4 a 0,7)	0,15
Areia fina (e = 0,4 a 0,7)	0,25
Rocha (depende do tipo)	0,1-0,4
Concreto	0,15
Gelo	0,36

Foi adotado o coeficiente de 0,1 a favor da segurança. Desta maneira:

$$k_h = 750 \text{ tf/m} \times 0,1 = 75 \text{ tf/m}$$

6.2 DIMENSIONAMENTO DO CANAL VAZIO

6.2.1 Esforços



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

11/39

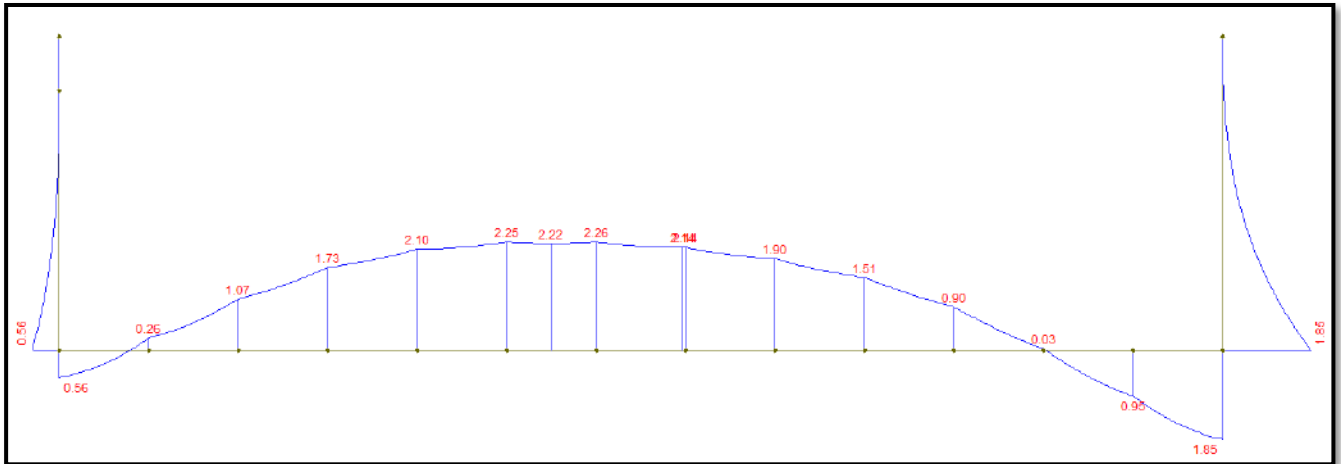
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0002

REV.

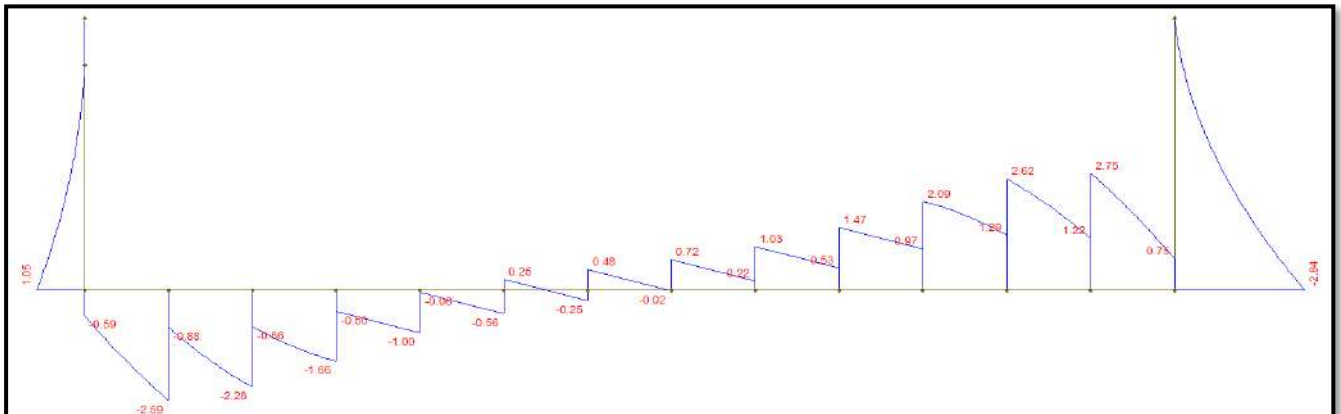
0

6.2.2 Diagrama de Momento Fletor



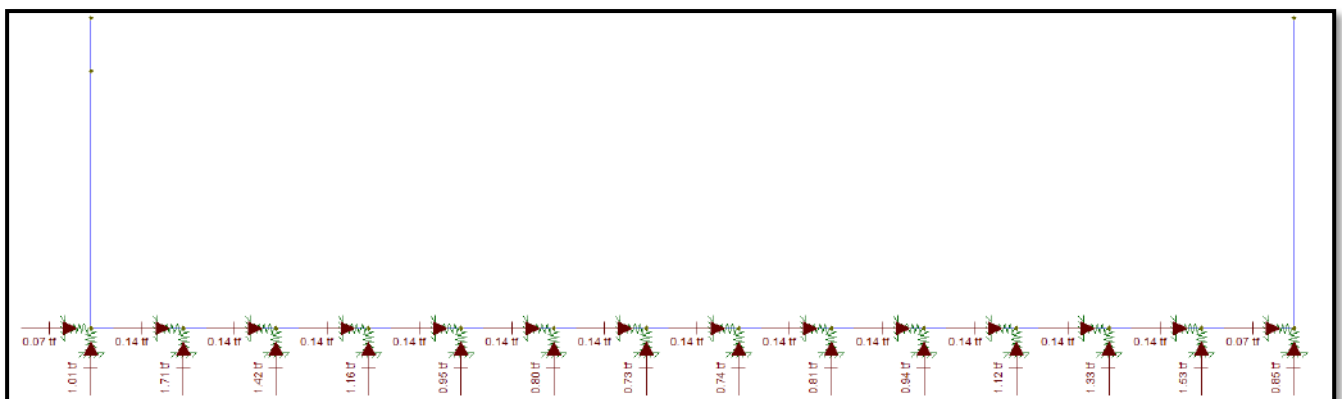
f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s											
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 15 cm												
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45													
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgfm)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
L1	Horizontal	N	30	25	1850	50	0,00	2,41	4,50	0,044	10	17,5	ϕ 10,0 c/ 15,0

6.2.3 Diagrama de Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAL DE LAMAS		
	CORTANTE		
Dados			
orça Cortante Reduzida (V)	28,4	kN	
orça de Compressão (Nc)	0,0	kN	
orça de Protensão (Np)	0,0	kN	
$N_s = N_c + N_p$	0,0	kN	
base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)	1,000	m	
altura da Seção de Concreto (h)	0,300	m	
cobrimento (d')	0,050	m	
área de armação longitudinal (A_s)	0,00	cm ²	
área de concreto (A_c)	0,250	m ²	
seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
resistência nominal do concreto (f_{ck})	30,00	MPa	
resistência de cálculo (f_{yvd})- Item 19.4.2	389	MPa	
coeficiente de minoração da resistência (γ_c)	1,4		
coeficiente de majoração de carga (γ_f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: $1,6 - d$	1,35	m
ρ	$A_s / (b_w \cdot d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s \cdot \gamma_f / (b_w \cdot h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	146,63	kN
V_d	$V \cdot \gamma_f$	39,76	kN
Não é necessário armar: $V_d < V_{Rd1}$			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 \cdot \alpha_{v1} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d + 0,9$	1205,36	kN
$V_d < V_{Rd2}$ - OK!			

6.2.4 Reações



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

13/39

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0002

REV.

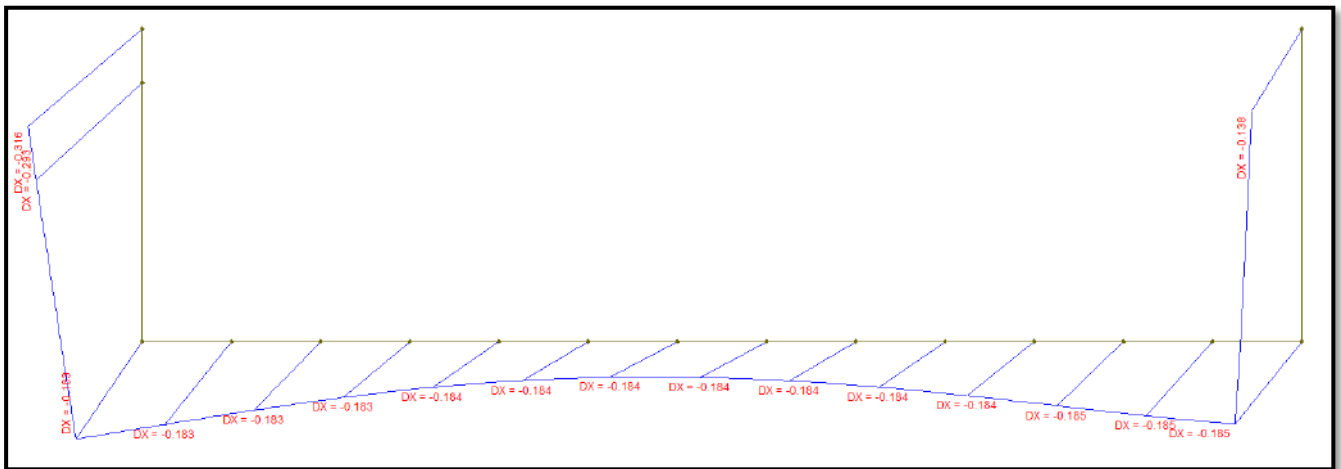
0

Reação máxima = 1710 kgf

Tensão máxima = $1710 / (50 \times 100) = 0,342 \text{ kgf/cm}^2$

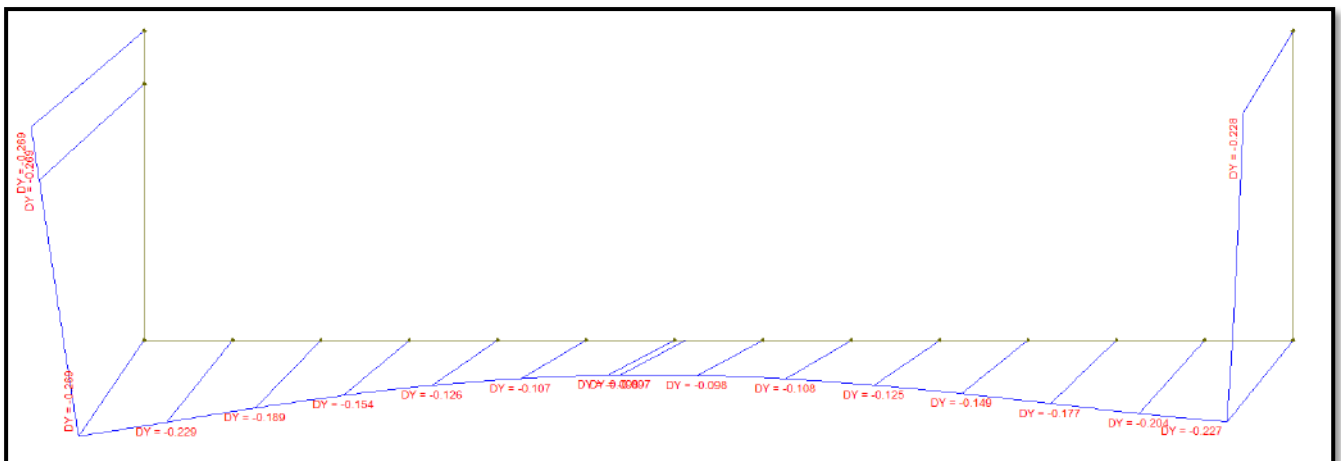
Somatorio Reações Horizontais = 1,82 tf < $F_A = \mu \times N = 0,3 \times 15,4 = 4,62 \text{ tf}$ - OK !

6.2.5 Deformações



Deformação máxima horizontal = 0,316 cm

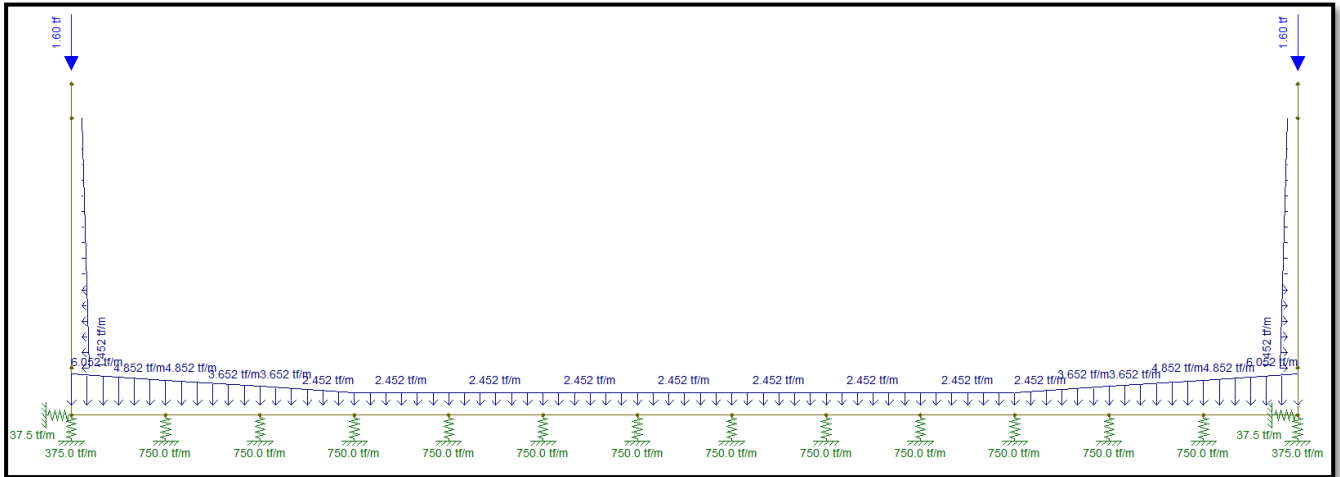
Deformação horizontal limite = $175/150 = 1,17 \text{ cm}$



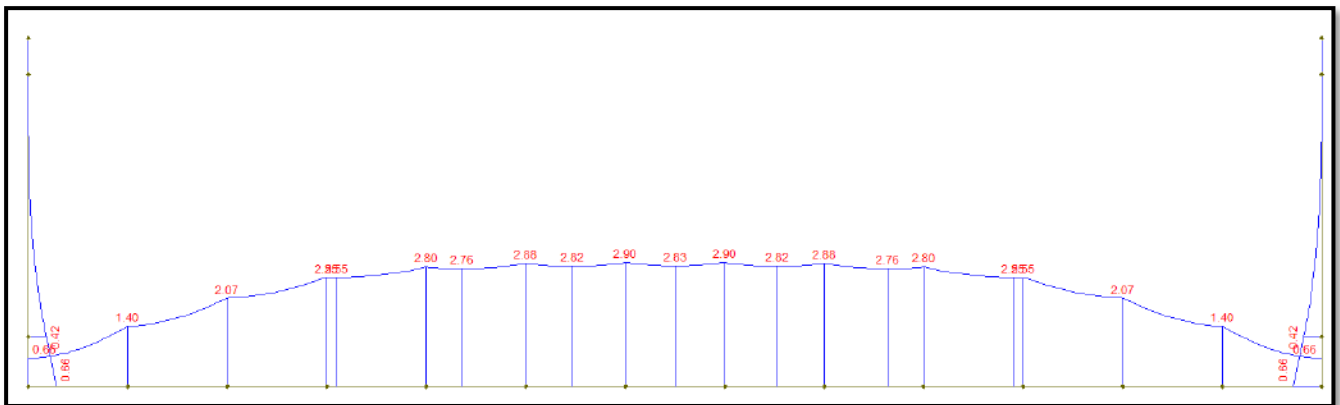
Deformação máxima vertical = 0,269 cm

6.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

6.3.1 Esforços

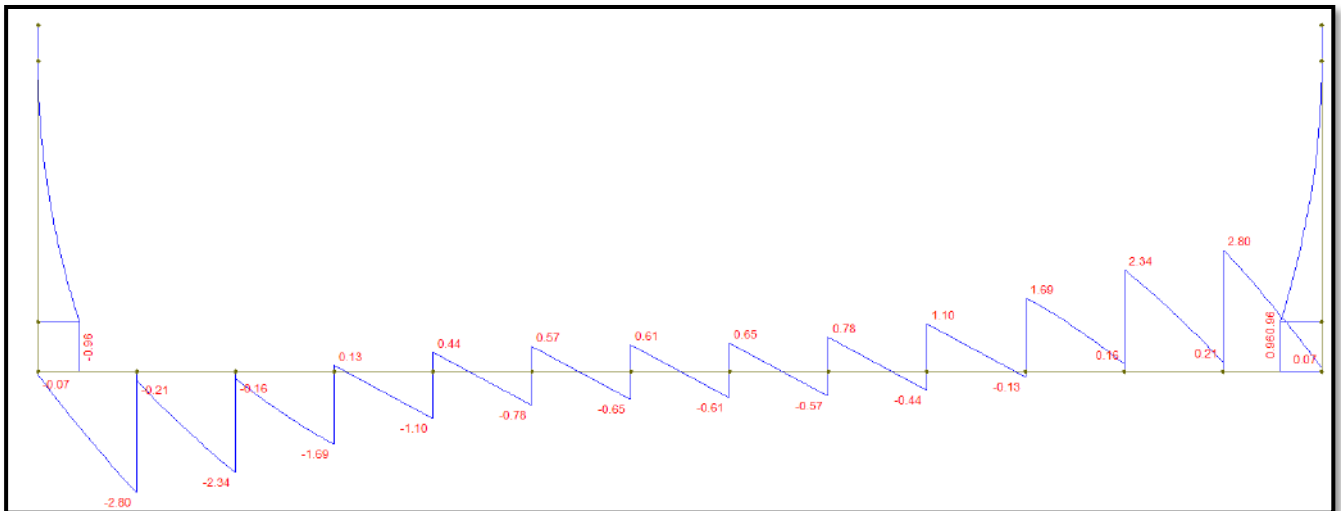


6.3.2 Diagrama de Momento Fletor



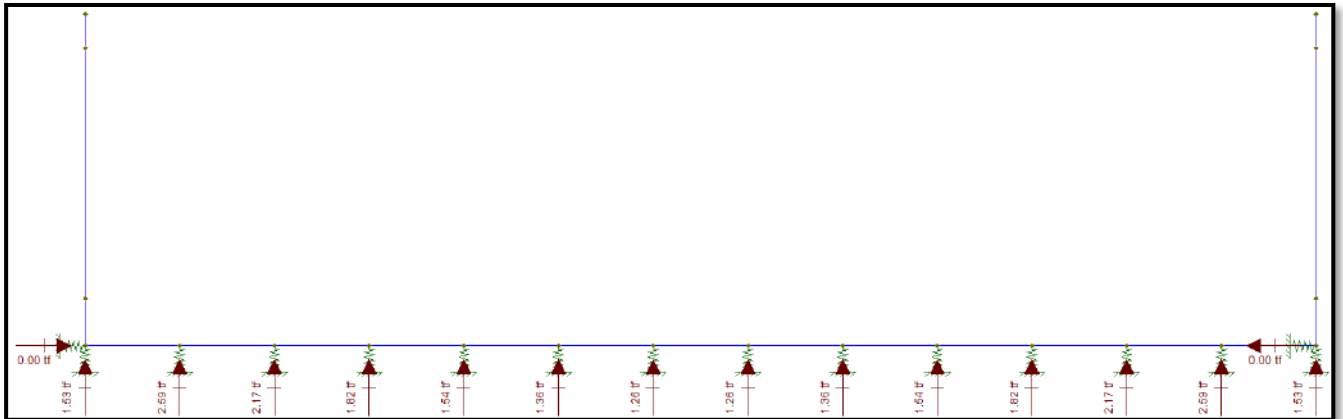
f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? <input checked="" type="checkbox"/> s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 15 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kg ^f m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalh.
L1	Horizontal	N	30	2900	50	0,00	3,80	4,50	0,110	10	17,5	ϕ 10,0 c/ 15,0

6.3.3 Diagrama de Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAL DE LAMAS		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	28,0	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,300	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²	
Área de concreto (Ac)	0,250	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (fywd)- Item 19.4.2	389	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
fctd	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	As / (bw · d)	0,0000	
σcp	Ns · γf / (bw · h)	0,00	MPa
VRd1	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	146,63	kN
Vd	V · γf	39,20	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
αv1	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
VRd2	$0,5 \cdot \alpha_{v1} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d + 0,9$	1205,36	kN
Vd < VRd2 - OK!			

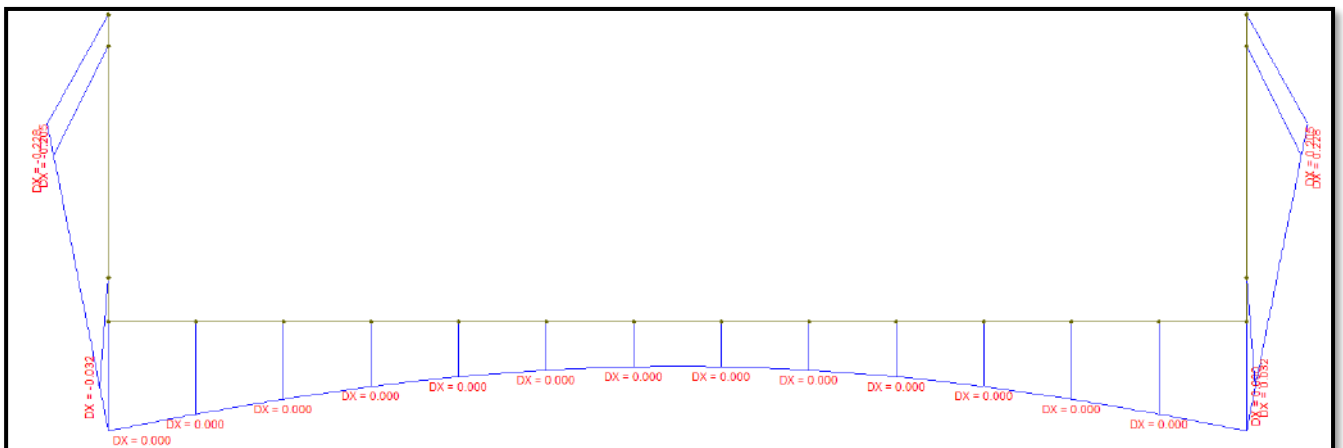
6.3.4 Reações



Reação máxima = 2590 kgf

Tensão máxima = $2590 / (50 \times 100) = 0,518 \text{ kgf/cm}^2$

6.3.5 Deformações



Deformação máxima horizontal = 0,228 cm

Deformação horizontal limite = $175/150 = 1,17 \text{ cm}$

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

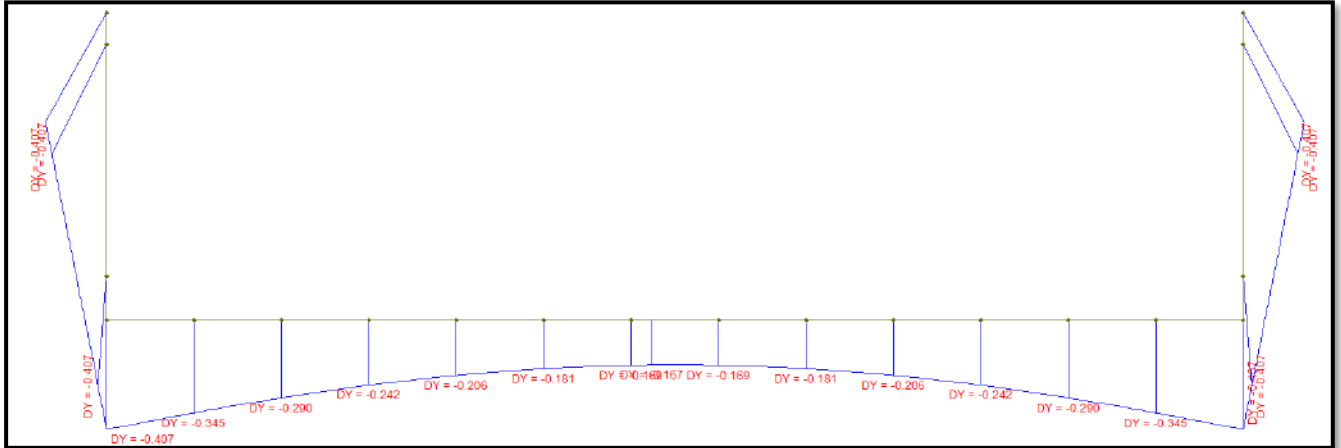
17/39

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0002

REV.

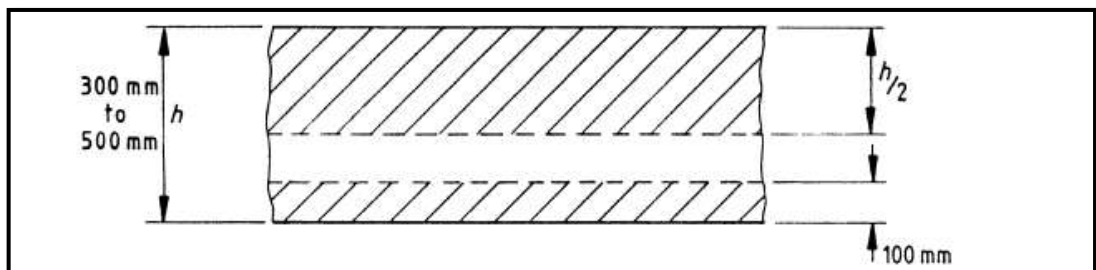
0



Deformação máxima vertical = 0,407 cm

6.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} \leq h \leq 50\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}=h/2$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$ – Conforme BS 8007:1987 (*Design of concrete structures for retaining aqueous liquids*)



Para $h = 30\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}} = 30/2 = 15\text{cm}$ e $h_{\text{inf}} = 10\text{cm}$

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$$A_s = k k_{\text{fct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (15 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3600 \text{ kgf/cm}^2 =$$

$$A_s = 8 \text{ cm}^2 - \varnothing 10 \text{ c/9}$$

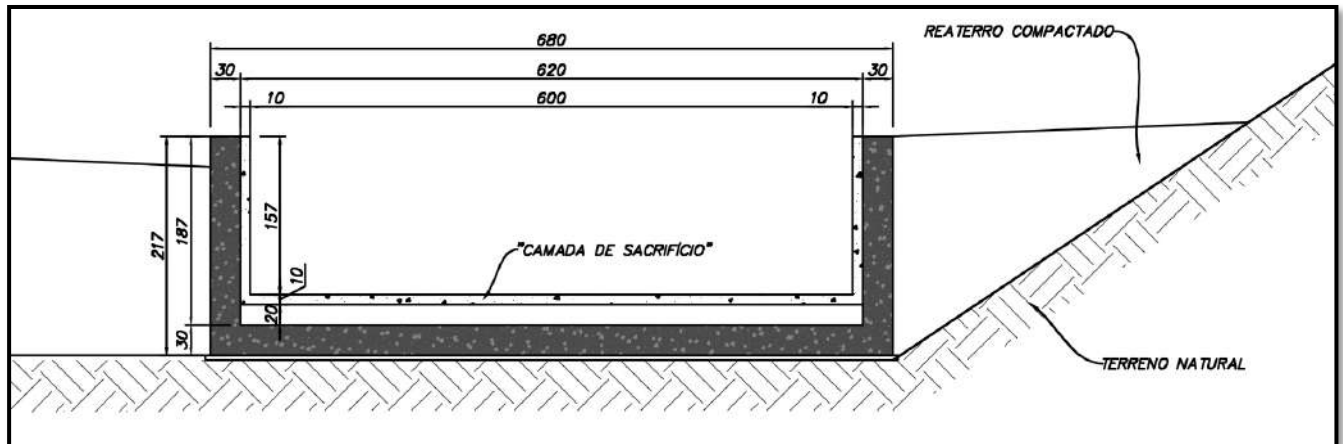
6.5 RESUMO

Parede e fundo com espessura de 30 cm

Armação transversal externa e interna das paredes e lajes = $\varnothing 10 \text{ c/9}$

Armação longitudinal das paredes e lajes = $\varnothing 10 \text{ c/9}$

7.0 DIMENSIONAMENTO DO CANAL

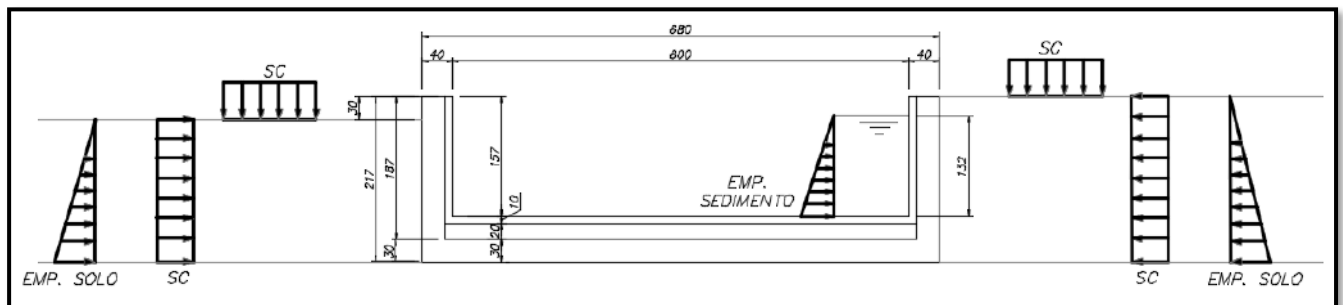


7.1 CARREGAMENTO

Sobrecarga de 0,5 tf/m²

Empuxo do solo

Empuxo de sedimentos



Empuxo do Solo Direita = $\gamma \times h \times K_a = 1,9 \times 2,02 \times 0,750 = 2,879 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga Direita = $sc \times K_a = 0,5 \times 0,750 = 0,375 \text{ tf/m}^2$

Empuxo do Solo Esquerda = $\gamma \times h \times K_a = 1,9 \times 1,72 \times 0,333 = 1,088 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga Esquerda = $sc \times K_a = 0,5 \times 0,333 = 0,167 \text{ tf/m}^2$

Empuxo de Sedimento = $\gamma \times h = 1,1 \times 1,32 = 1,46 \text{ tf/m}^2$

Peso próprio das paredes = $2,5 \times 0,40 \times 1,87 = 1,87 \text{ tf/m}$

Peso próprio da laje de fundo = $2,5 \times 0,50 = 1,25 \text{ tf/m}^2$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 19/39
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0002	REV. 0

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade, compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15 \text{ MPa/m}$.

Para a distância entre nós de 50 cm temos:

$$1500 \text{ tf/m}^3 \times 0,50\text{m} \times 1,0\text{m} = 750 \text{ tf/m}$$

Para a determinação da capacidade horizontal de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada no livro Geotecnia de Fundações, pelo Prof. M. Marangon, ilustrada abaixo.

Solo	Coeficiente de Poisson (ν)
Argila saturada	0,4-0,5
Argila não-saturada	0,1-0,3
Argila arenosa	0,2-0,3
Silte	0,3-0,35
Areia compacta	0,2-0,4
Areia grossa ($e = 0,4$ a $0,7$)	0,15
Areia fina ($e = 0,4$ a $0,7$)	0,25
Rocha (depende do tipo)	0,1-0,4
Concreto	0,15
Gelo	0,36

Foi adotado o coeficiente de 0,1 a favor da segurança. Desta maneira:

$$k_h = 750 \text{ tf/m} \times 0,1 = 75 \text{ tf/m}$$

7.2 EQUILÍBRIO DE TRANSLAÇÃO/DESLIZAMENTO

$$F_A = \mu \times N$$

Coeficiente de segurança contra escorregamento:

$$\varepsilon_1 = \mu \times N / T$$

$$\varepsilon_1 \geq 1,5$$

F_A = Força de atrito

μ = Coeficiente de atrito = 0,30 (concreto/solo saturado)

N = Componente normal

T = Componente tangencial

7.2.1 Trecho Liso

$$N = (1,60 \text{ tf/m} \times 2) + (1,00 \text{ /m}^2 \times 6,80 \text{ m}) = 10 \text{ tf/m}$$

$$T = (2,88 \text{ tf/m}^2 \times 1,90 \text{ m} / 2) - (1,09 \text{ tf/m}^2 \times 1,60 \text{ m} / 2) = 1,864 \text{ tf/m}$$

$$\varepsilon_1 = \mu \times N / T = 0,3 \times 10 / 1,864 = 1,61$$

7.2.2 Trecho em degrau

$$N = (1,870 \text{ tf/m} \times 2) + (1,25 \text{ tf/m}^2 \times 6,80 \text{ m}) = 12,24 \text{ tf/m}$$

$$T = (2,88 \text{ tf/m}^2 \times 2,17 \text{ m} / 2) - (1,09 \text{ tf/m}^2 \times 1,87 \text{ m} / 2) = 2,11 \text{ tf/m}$$

$$\varepsilon_1 = \mu \times N / T = 0,3 \times 12,24 / 2,11 = 1,74$$

7.3 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

7.3.1 Esforços



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

21/39

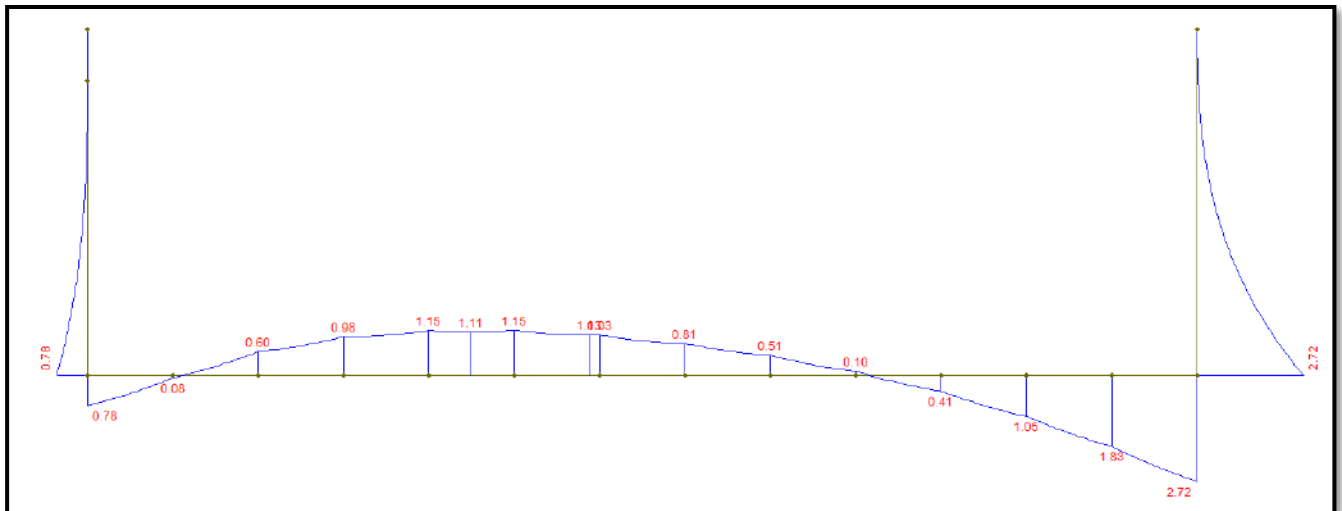
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0002

REV.

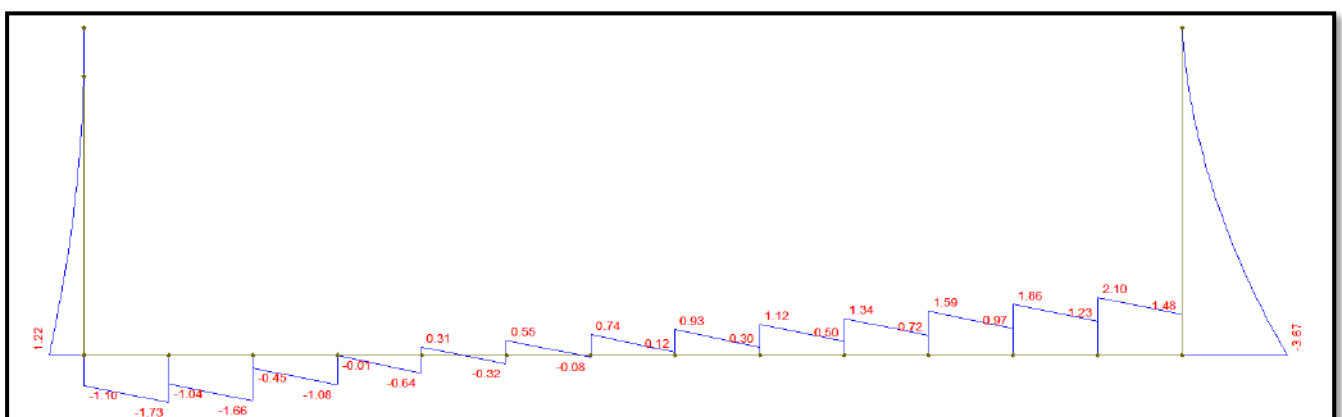
0

7.3.2 Diagrama de Momento Fletor



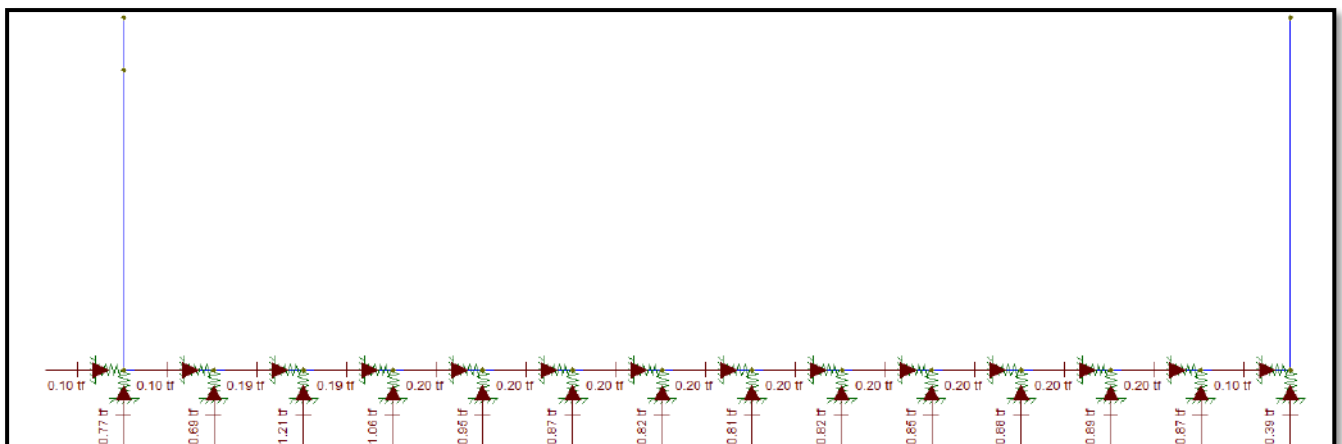
f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? <input checked="" type="checkbox"/> s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 15 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	30	2720	50	0,00	3,56	4,50	0,097	10	17,5	ϕ 10,0 c/ 15,0

7.3.3 Diagrama de Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAL DE LAMAS		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	36,7	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,300	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,250	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{yvd})- Item 19.4.2	389	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	A _s / (b _w · d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s · γ _f / (b _w · h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	146,63	kN
V _d	V · γ _f	51,38	kN
Não é necessário armar: V_d < V_{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V _{Rd2}	$0,5 + \alpha_{v1} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \cdot 0,9$	1205,36	kN
V_d < V_{Rd2} - OK!			

7.3.4 Reações



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

23/39

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0002

REV.

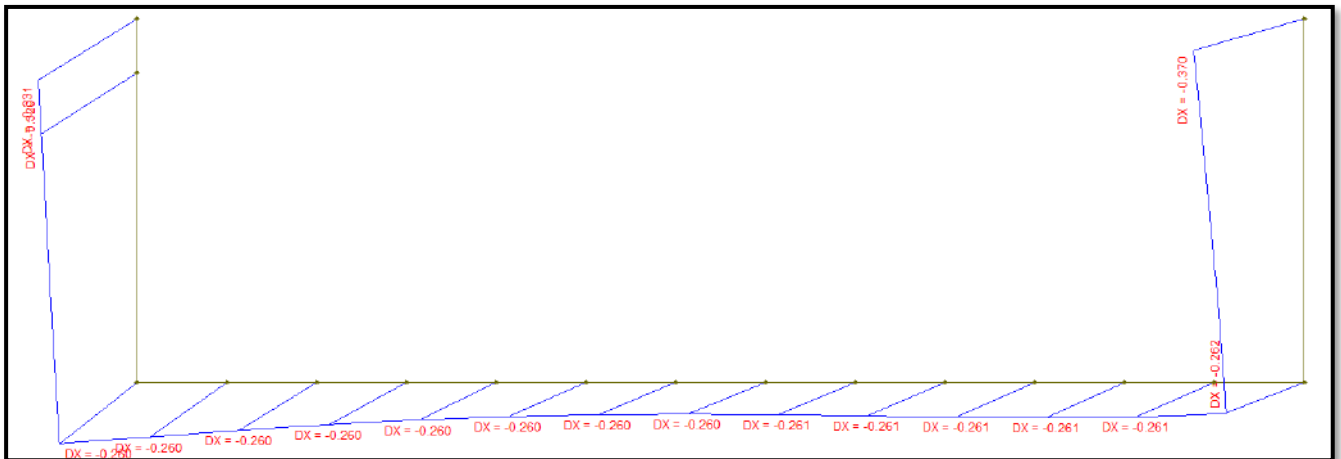
0

Reação máxima Vertical = 1210 kgf

Tensão máxima = $1210 / (50 \times 100) = 0,242 \text{ kgf/cm}^2$

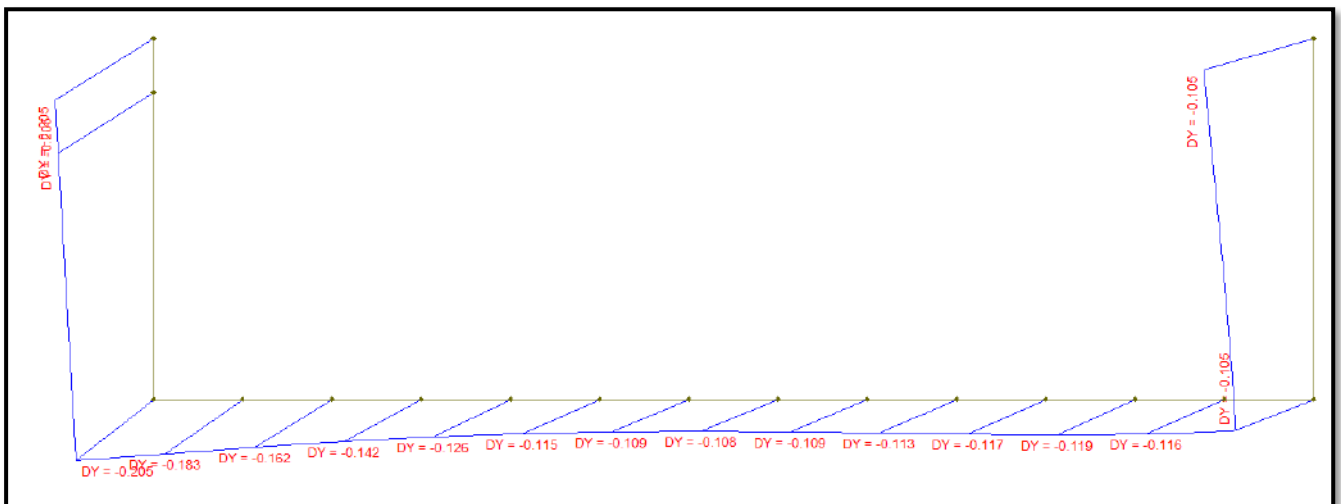
Somatorio Reações Horizontais = 2,48 tf < $F_A = \mu \times N = 0,3 \times 12,24 = 3,672 \text{ tf}$ - OK !

7.3.5 Deformações



Deformação máxima horizontal = 0,37 cm

Deformação horizontal limite = $202/150 = 1,35 \text{ cm}$



Deformação máxima vertical = 0,205 cm

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

24/39

Nº DF+

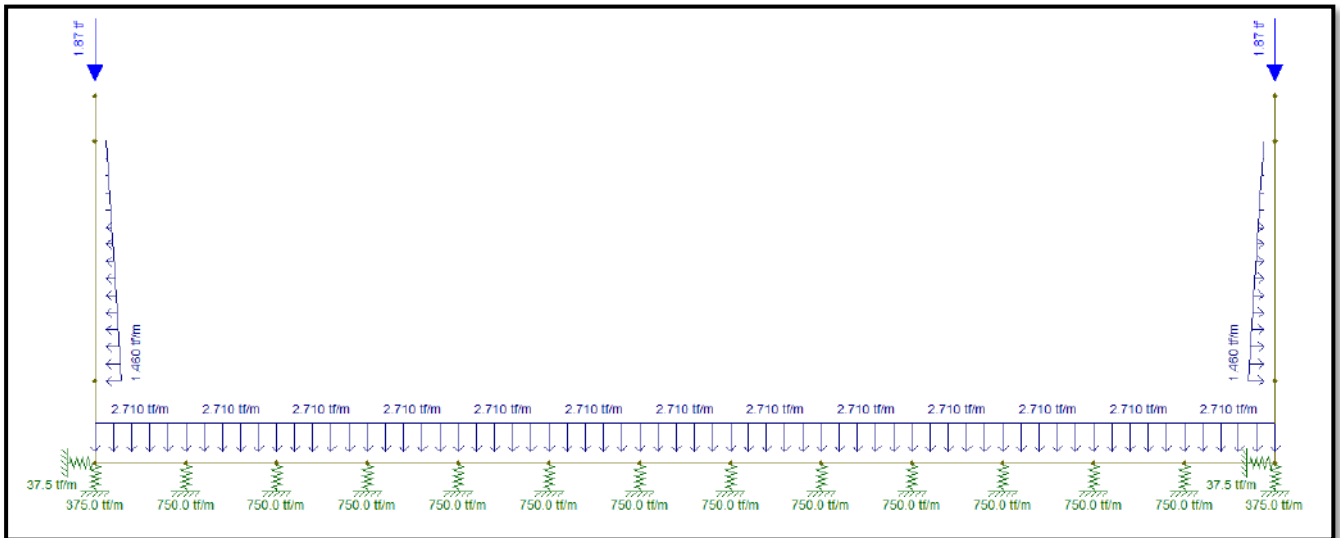
DF19-263-1-CV-MEC-0002

REV.

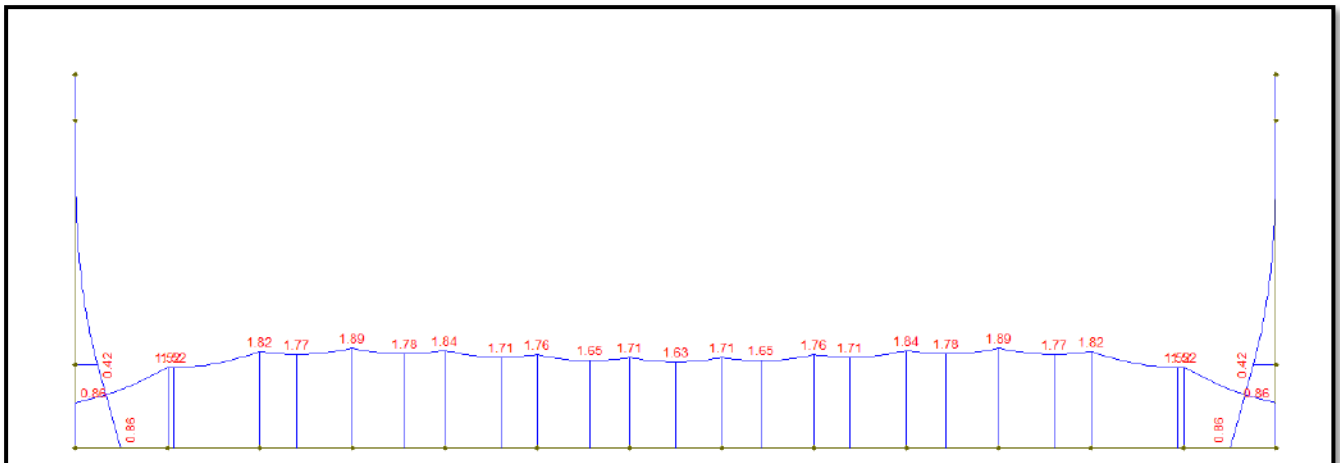
0

7.4 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

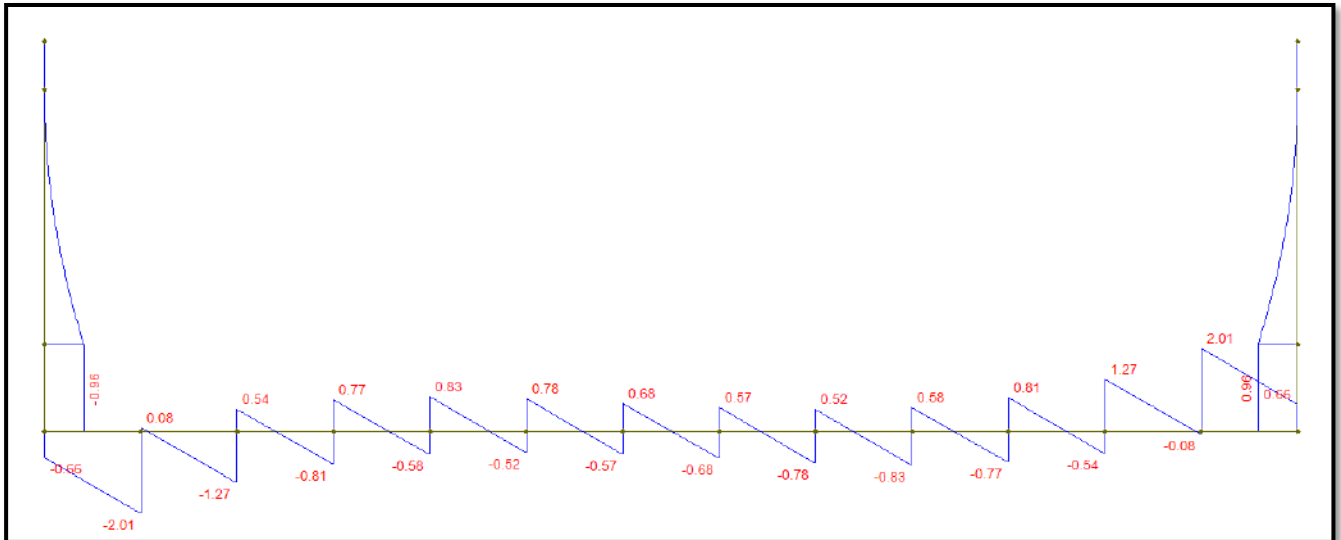
7.4.1 Esforços



7.4.2 Diagrama de Momento Fletor

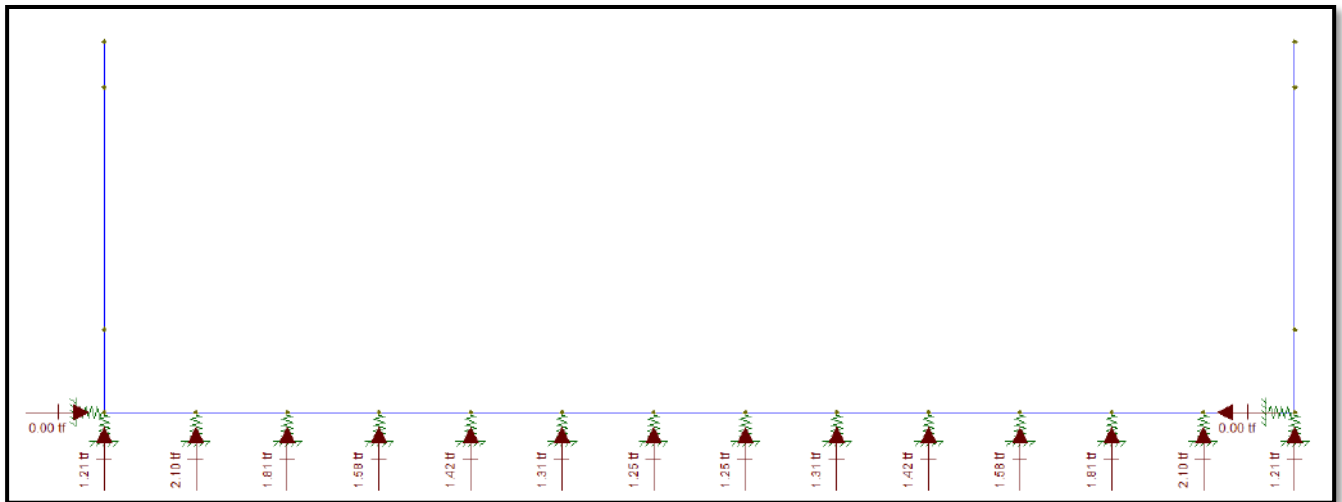


f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s,min}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 15 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s, fiss}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	30	1890	50	0,00	2,46	4,50	0,046	10	17,5	ϕ 10,0 c/ 15,0

7.4.3 Diagrama de Esforço Cortante


Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição	CANAL DE LAMAS		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	20,1	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,300	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,250	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	389	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	A _s / (b _w · d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s · γ _f / (b _w · h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	146,63	kN
V _d	V · γ _f	28,14	kN
Não é necessário armar: V_d < V_{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V _{Rd2}	$0,5 \cdot \alpha_{v1} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \cdot 0,9$	1205,36	kN
V_d < V_{Rd2} - OK!			

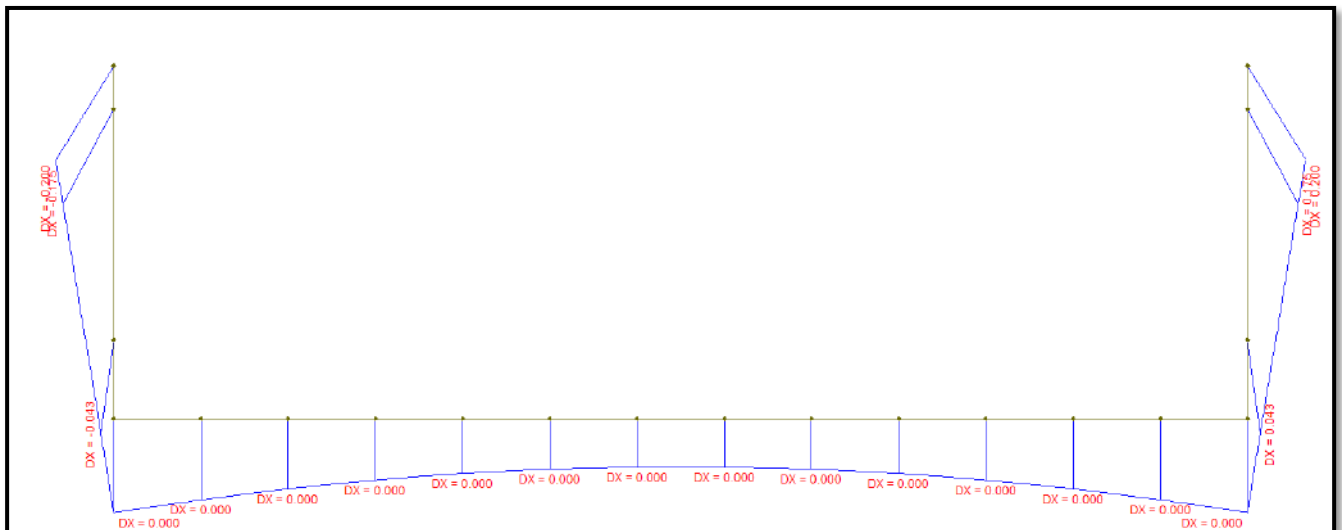
7.4.4 Reações



Reação máxima = 2100 kgf

Tensão máxima = $2100 / (50 \times 100) = 0,42 \text{ kgf/cm}^2$

7.4.5 Deformações



Deformação máxima horizontal = 0,200 cm

Deformação horizontal limite = $202/150 = 1,35 \text{ cm}$

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

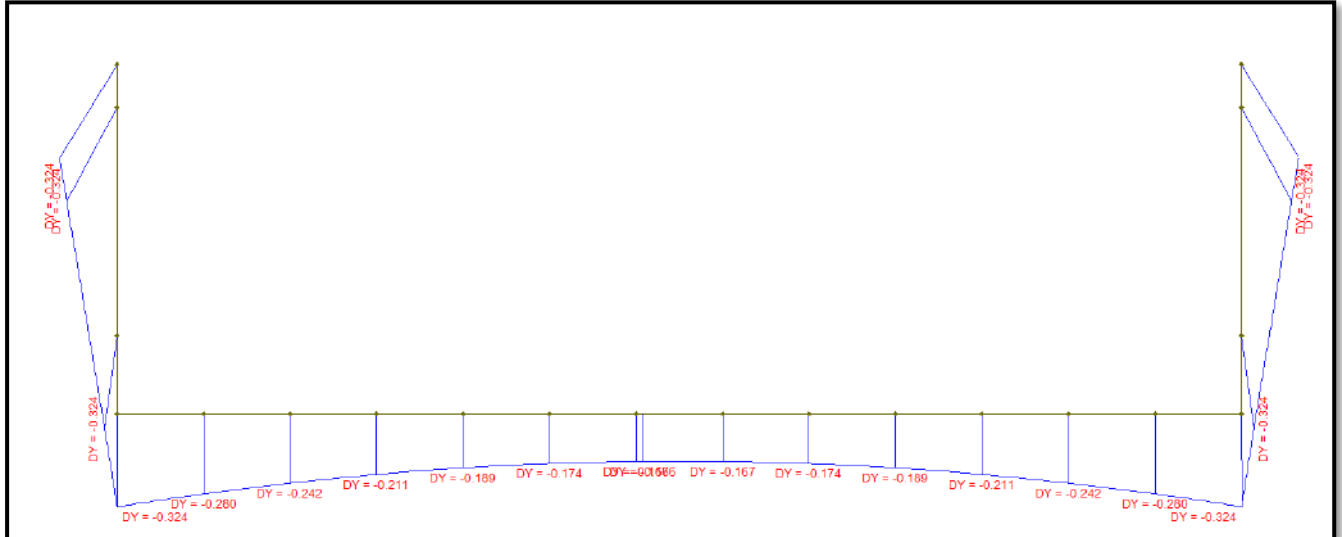
27/39

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0002

REV.

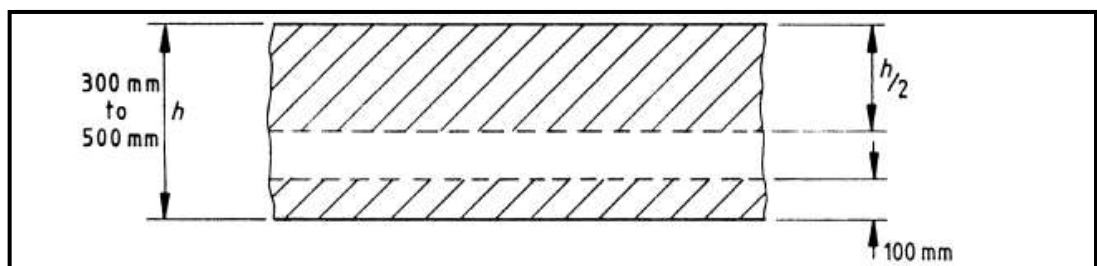
0



Deformação máxima vertical = 0,324 cm

7.5 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} \leq h \leq 50\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}=h/2$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$ – Conforme BS 8007:1987 (*Design of concrete structures for retaining aqueous liquids*)



Para $h = 30\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}= 30/2 = 15\text{cm}$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$$A_s = k \cdot k_{\text{cfct,ef}} \cdot A_{\text{ct}} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (15 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3600 \text{ kgf/cm}^2 =$$

$$A_s = 8 \text{ cm}^2 - \varnothing 10 \text{ c/9}$$

7.6 RESUMO

Parede e fundo com espessura de 30 cm

Armação transversal externa e interna das paredes e lajes = $\varnothing 10 \text{ c/9}$

Armação longitudinal das paredes e lajes = $\varnothing 10 \text{ c/9}$

7.7 VERIFICAÇÃO DO DESLIZAMENTO AO LONGO DO CANAL

Coesão do solo em contato com a laje de fundo (c): 1,5 ton/m²

Fator de redução da parcela referente à coesão: 0,7

Ângulo de atrito solo x concreto: 20°

$$FS = \frac{F_1 + F_2}{P_2} \geq 1,5$$

$$FS = \frac{P_1 \times \text{tg}(20) + A \times c \times 0,7}{P_2} \geq 1,5$$

$$F_1 = P_1 \times \text{tg}(20)$$

$$F_2 = A \times c \times 0,7$$

P = peso próprio

P₁ = carga normal ao plano

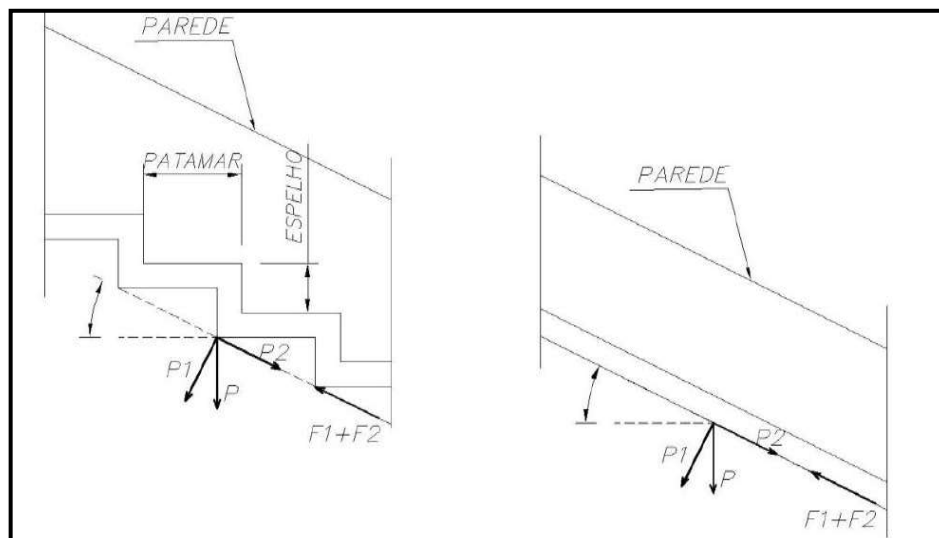
P₂ = força de deslizamento

φ = ângulo de atrito interno = 30°

A = área de contato com o solo

c = coesão do solo

Abaixo está indicado o equilíbrio das forças, bem como cálculo do fator de segurança para o deslizamento. Onde o fator de segurança ficou abaixo de 1,5 adotou-se as vigas de ancoragem.



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

29/39

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0002

REV.

0

$$\gamma_{conc} = 2,5 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_{solo} = 1,7 \text{ ton/m}^3$$

$$Kp = 3,00$$

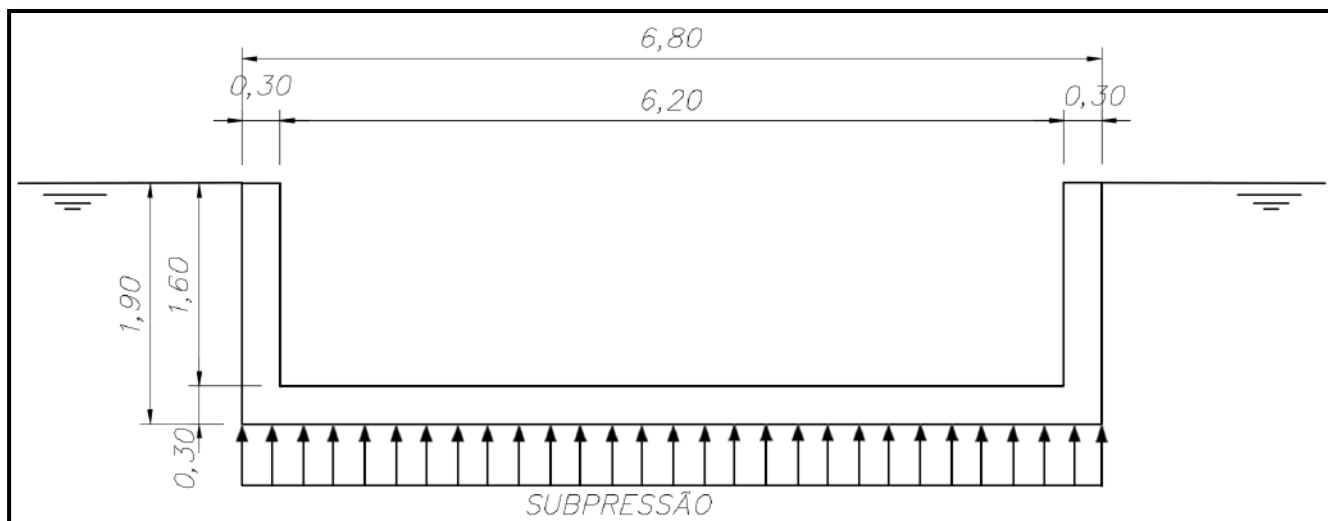
$$FS = 1,5$$

$$c = 15 \text{ coesão KPa}$$

$$\varphi = 30 \text{ ângulo de talude natural}$$

TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m ²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)		Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m ² /m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
1	LISO	1,2%	0,7	1,5	6,8	1,50	-	1,32	20	-	40		18,51	18,51	0,22	6,74	7,14	63,0
2	LISO	1,2%	0,7	1,5	6,8	1,50	-	1,32	20	-	40		18,51	18,51	0,22	6,74	7,14	62,9
3	LISO	1,3%	0,7	1,5	6,8	1,50	-	1,32	20	-	40		18,51	18,51	0,23	6,74	7,14	59,7
4	DEGRAU	30,8%	17,1	1,5	6,8	1,57	1,38	1,38	20	65,0	40	0,52	21,55	20,59	6,34	7,50	7,14	2,3
5	DEGRAU	30,8%	17,1	1,5	6,8	1,57	1,38	1,38	20	65,0	40	0,52	21,55	20,59	6,34	7,50	7,14	2,3
6	LISO	0,0%	0,0	1,5	6,8	1,50	-	1,32	20	-	40		18,51	18,51	0,00	6,74	7,14	-

8.0 ANÁLISE DE FLUTUAÇÃO PARA O CANAL



$$\text{Empuxo de água} = \gamma \times h = 1,0 \times 2,00 = 2,00 \text{ tf/m}^2$$

$$\text{Peso próprio da laje de fundo} = 2,5 \times 0,30 = 0,75 \text{ tf/m}^2$$

$$\text{Subpressão} = E - \text{PP} = 2,00 - 0,75 = 1,25 \text{ tf/m}^2$$

8.1 ANÁLISE DA FLUTUAÇÃO

$$P_c = \text{Peso próprio da laje} = 0,30 \times 2,5 = 0,75 \text{ tf/m}^2$$

$$U = \text{Subpressão} = (2,00) \times 1,0 = 2,00 \text{ tf/m}^2$$

$$P_c/U = 0,75 / 2,00 = 0,375 < F_s = 1,1$$

Fator de segurança para condição de carregamento limite na flutuação (CCL) = 1,1

Como a relação P_c/U é menor que o fator de segurança contra a flutuação F_s , será necessário ancorar.

8.2 CÁLCULO DAS ANCORAGENS

As contribuições das ancoragens na laje serão calculadas admitindo-se que as barras estarão sujeitas somente a tração direta.

8.2.1 Força de arrancamento

$$\text{Subpressão} = U = 20 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Peso próprio da laje} = P_c = 7,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Fator de segurança para condição de carregamento normal na flutuação (CCN)} = 1,3$$

$$F_d = 1,3 \times (U - P_c) = 1,3 \times (20 - 7,5) = 16,25 \text{ kN/m}^2$$

Considerando uma malha de malha de 1,50m x 1,50m, tem-se que a força a solicitante de cálculo de cada ancoragem é dada pela expressão abaixo:

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 31/39
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0002	REV. 0

$$F'_d = 16,25 \times 1,50 \times 1,50 = 36,6 \text{ kN}$$

8.2.2 Força de tração admissível por barra

$$f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{yd} = 50/1,15 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_d = f_{yd} \times A_{s\emptyset} \text{ (força de tração admissível do aço CA50)}$$

$$\emptyset \text{ da barra a ser utilizada} = 16 \text{ mm}$$

Como alternativa, para atender ao requisito referente à proteção da armadura, a NBR6122:2010 (item 8.6.2), estabelece redução 1,6 mm no diâmetro das armaduras longitudinais para dimensionamento estrutural.

$$A_{s\emptyset} = \text{Área útil da barra} = \pi \times (1,6 - 0,2)^2 / 4 = 1,54 \text{ cm}^2$$

Igualando a força de arrancamento à força de tração admissível, tem-se:

$$F'_d = N_d$$

$$36,6 \text{ kN} = \frac{50}{1,15} \times A_{s\emptyset} \rightarrow A_{s\emptyset} = 36,6 \times \frac{1,15}{50} = 0,84 \text{ cm}^2 \text{ - adotado barra } \emptyset 16 \text{ mm}$$

8.2.3 Comprimento de ancoragem

Aderência argamassa/barra:

Resistência Característica da argamassa: $f_{ak} = 20 \text{ MPa}$

$\gamma_f = 1,8$ (tabela 4 – NBR6122)

$$f_{atd} = f_{atk,inf} / \gamma_f = 0,7 \times 0,3 \times 20^{2/3} / 1,8 = 0,86 \text{ MPa}$$

$$f_{ad} = h_1 \times h_2 \times h_3 \times f_{atd} = 2,25 \times 1 \times 1 \times 0,86 = 1,94 \text{ MPa} = 0,194 \text{ kN/cm}^2 \text{ (tensão admissível de tração no contato argamassa/barra)}$$

- Força de tração admissível:

$$N_d = f_{yd} \times A_{s\emptyset} = \frac{50}{1,15} \times 1,54 = 66,96 \text{ kN}$$

- Comprimento de ancoragem mínimo:

$$L_b = N_d / (\pi \times \emptyset_b \times f_{ad}) = 66,96 / (\pi \times 1,4 \times 0,194) = 79 \text{ cm.}$$

Aderência da estaca na interface solo/argamassa

Segundo a NBR5629 (item 4.4.3), a resistência a tração de uma ancoragem pode ser verificada da seguinte maneira:

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
		Nº MOSAIC -	PÁGINA 32/39
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0002	REV. 0

$$T = \alpha \times U \times lb \times s_u$$

$$66,90 \text{ kN/cm}^2 = 0,35 \times (15\text{cm} \times \pi) \times lb \times 0,025 \text{ kN/cm}^2$$

$$lb = 162 \text{ cm}$$

Sendo:

T - Resistência a tração de uma ancoragem

U – perímetro da ancoragem

s_u - resistência ao cisalhamento não drenado do solo argiloso

α – coeficiente redutor ao cisalhamento, sendo:

$\alpha=0,75$ para $s_u \leq 40$ kPa

$\alpha=0,35$ para $s_u \geq 100$ kPa

Argilas	Peso específico aparente do solo $\gamma_s \dots \text{tf/m}^3$	Coesão tf/m^2 Kogler*	Ângulo de talude natural φ°	Resistência a compressão $\bar{\sigma}_s^{**}$
Turfa	0,5 – 0,8	–	10°-18°	–
Muito mole	1,3	–	20°-30°	< 2,5
Mole	1,5	0,5	20°-30°	2,5-5
Média	1,7	5 a 10	20°-30°	5-10
Rija	1,9	{ argilas antigas duras = 10	20°-30°	10-20
Dura	2,1		20°-30°	40-50
Silte	1,5 – 1,8	1 a 3	30°-35°	–
Argila arenosa	1,7	2 a 5	26°-30°	–

* Sujeitos a confirmação de ensaios de laboratório
** Terzaghi – Peck – Amostra confinada tf/m^2

Tipo de terreno	Resistência média ao cisalhamento (MPa)
Rochas duras	1,00 a 2,50
Rocha solta	0,30 a 1,00
Areias e pedregulhos	0,70 a 1,00
Areia média a fina	0,30 a 0,60
Argila com resistência a compressão simples	
a) > 0,4 MPa	>0,80
b) 0,10 a 0,40 MPa	0,40 a 0,80
c) 0,05 a 0,10 MPa	0,25 a 0,40

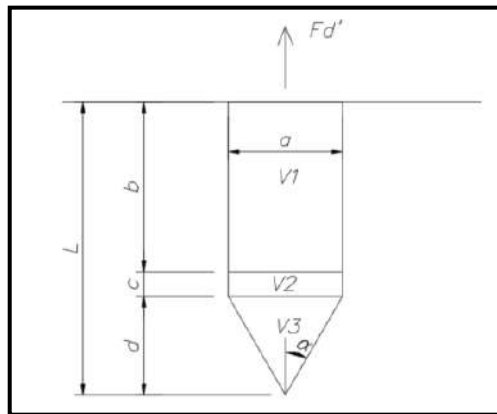
Comprimento mínimo da ancoragem no solo de 1,7 m.

8.2.4 Comprimento da ancoragem utilizando o equilíbrio de forças

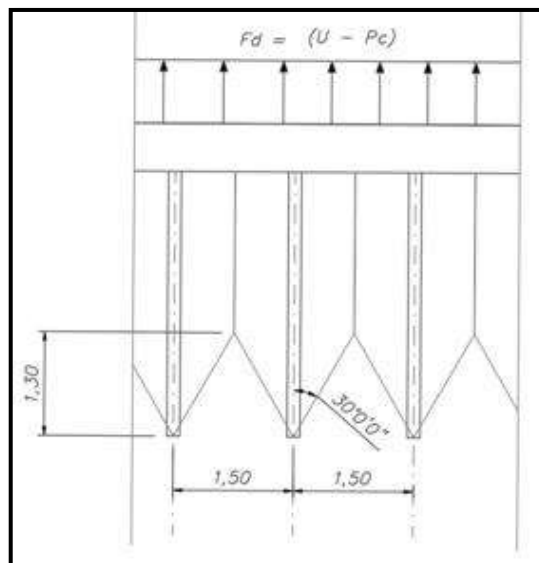
O comprimento necessário da ancoragem será obtido pelo equilíbrio entre peso de solo contido no tronco de cone e força de arrancamento atuante.

$F_u \times FSF = V_{\text{solo}} \times \gamma_{\text{solo}}$, onde FSF é o fator de segurança à flutuação (CCL)

$$V_{\text{solo}} = V1 + V2 + V3$$



Admitindo uma superfície de ruptura formada por ângulo de 30° a partir da extremidade da barra, pode-se determinar a área da superfície da seguinte forma:



EQUILÍBRIO DE FORÇAS EM UMA LAJE SUBMETIDA A SUBPRESSÃO

EQUILÍBRIO : $F_u \times FSF = V_{\text{solo}} \times \gamma_{\text{solo}}$

DADOS DE ENTRADA

a (m)	1,5
θ	30
γ_{solo} (kN/m ³)	17
U (kN/m ²)	20
Pplaje (kN/m ²)	7,5
FSF (CCL)	1,1

Fu (kN)	28,13
d (m)	1,30
c (m)	0,53
V2 (m ³)	0,77
V3 (m ³)	1,07

Vsmin (m ³)	1,82
V1 necessario (m ³)	-0,01
V1 (m ³)	0,00
bmin (m) ¹	0,00
lmin (m) ²	1,83

L (m)	2,00
b (m)	0,17
V1 (m ³)	0,38
Vs (m ³)	2,21

FSF	1,34
-----	------

 (1) Se $b_{\text{mín}} \leq 0$, $V1 = 0$

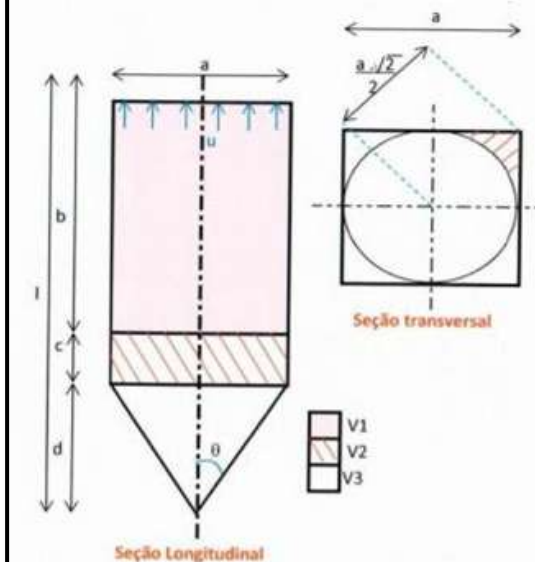
(2) Comprimento mínimo para que o equilíbrio seja atingido

FSF > 1,1
O COMPRIMENTO L ATENDE AO EQUILÍBRIO

FSF - FATOR DE SEGURANÇA A FLUTUAÇÃO

CCN (CONDIÇÃO DE CARREGAMENTO NORMAL) = 1,3

CCL (CONDIÇÃO DE CARREGAMENTO LIMITE) = 1,1



Comprimento de ancoragem adotado

O comprimento adotado de ancoragem será igual a 2,00m.

O comprimento definitivo das ancoragens deverá ser definido pelo geólogo e/ou geotécnico no campo.

8.2.5 Verificação do arrancamento da estaca

A capacidade de carga da ancoragem é diretamente proporcional ao comprimento de ancoragem utilizando geralmente valores médios da resistência ao cisalhamento na interface entre solo/cone de arrancamento, como sugeridos por Jimenez Salas (1980).

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

35/39

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0002

REV.

0

Tipo de terreno	Resistência média ao cisalhamento (MPa)
Rochas duras	1,00 a 2,50
Rocha solta	0,30 a 1,00
Areias e pedregulhos	0,70 a 1,00
Areia media a fina	0,30 a 0,60
Argila com resistência a compressão simples	
a) > 0,4 MPa	>0,80
b) 0,10 a 0,40 MPa	0,40 a 0,80
c) 0,05 a 0,10 MPa	0,25 a 0,40

Tensão de cisalhamento na ruptura

$t_{cis} = 0,025 \text{ kN/cm}^2$ (consideração de rocha)

Área do Cone:

$$A_{cone} = \frac{1}{2} \times (2\pi \times d \times \tan 30^\circ) \times d / \cos 30^\circ$$

$$A_{cone} = \frac{1}{2} \times (2\pi \times 130 \times \tan 30^\circ) \times 130 / \cos 30^\circ = 35395,3 \text{ cm}^2$$

$$T = t_{cis} \times A_{cone} = 0,025 \times 35395 = 884,9 \text{ kN}$$

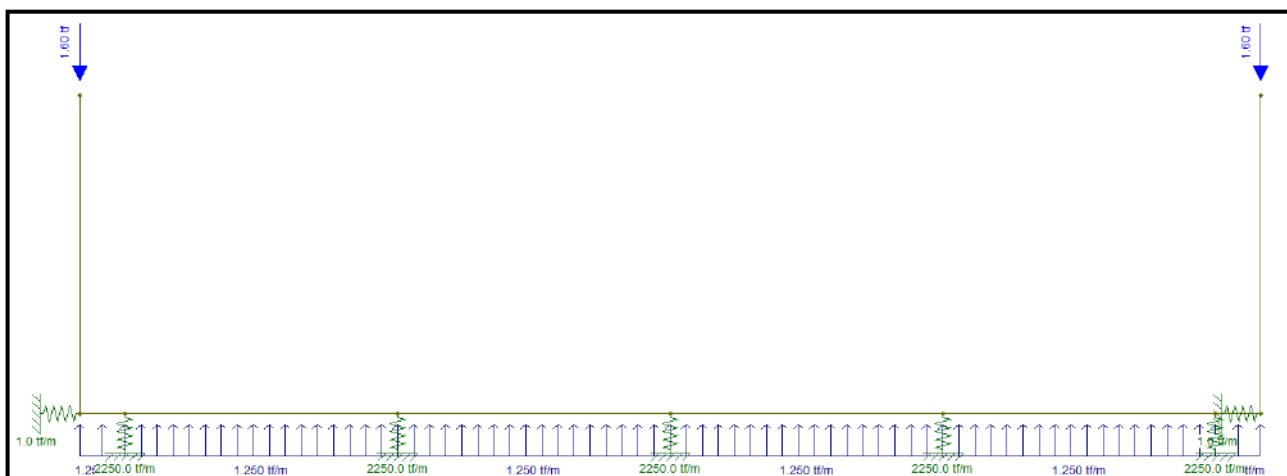
Força de Arrancamento por barra:

$$F_d = 36,6 \text{ kN}$$

$$F_s = T / F_d = 884,9 / 36,6 = 24,2 \rightarrow \text{OK!}$$

8.3 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

8.3.1 Esforços



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

36/39

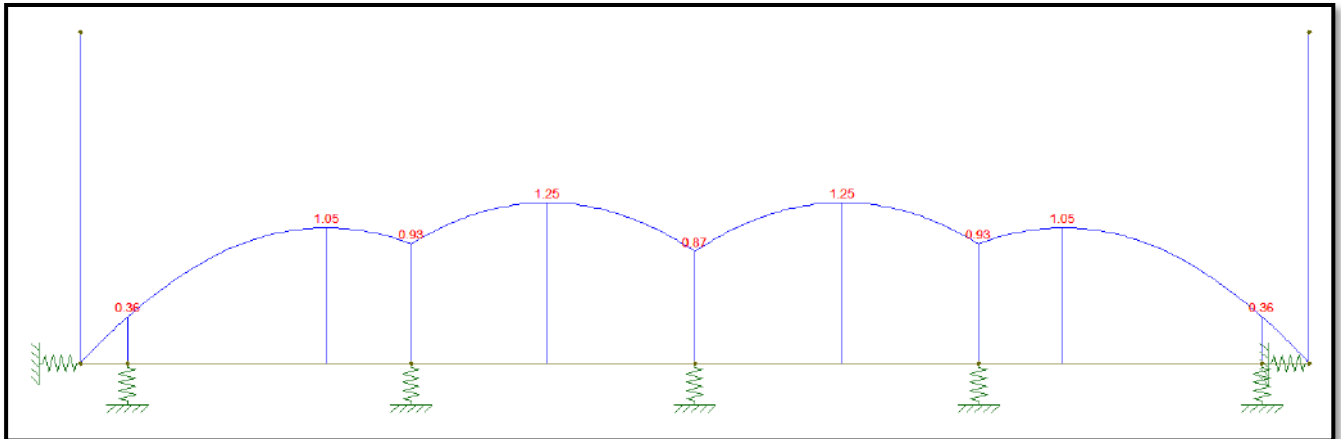
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0002

REV.

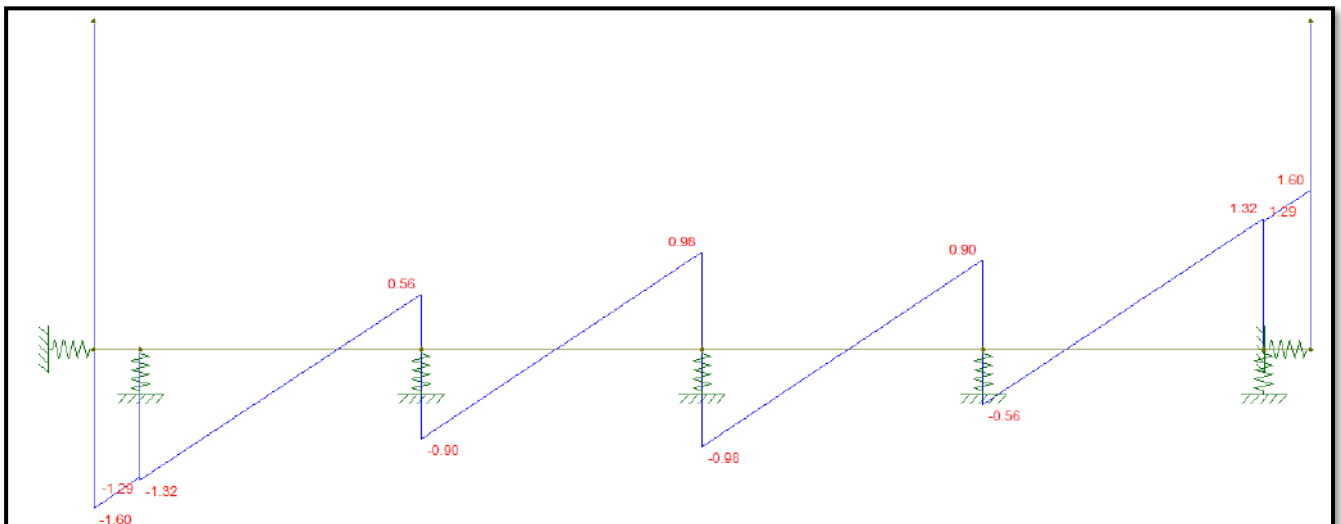
0

8.3.2 Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? <input checked="" type="checkbox"/> s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 15 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	30	1250	50	0,00	1,62	4,50	0,020	10	17,5	ϕ 10,0 c/ 15,0

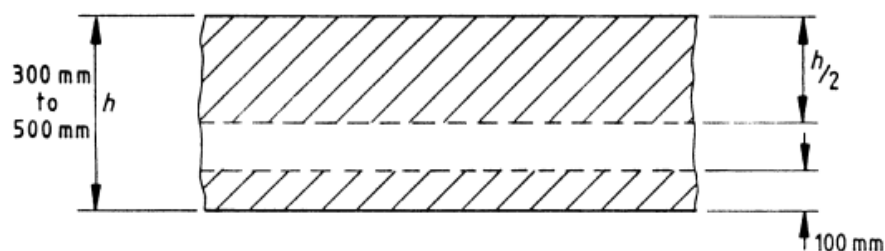
8.3.3 Diagrama de Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAL DE LAMAS		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	16,0	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (bw ou bj)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,300	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²	
Área de concreto (Ac)	0,250	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (fywd) - Item 19.4.2	389	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
fctd	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	As / (bw · d)	0,0000	
σcp	Ns · γf / (bw · h)	0,00	MPa
VRd1	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	146,63	kN
Vd	V · γf	22,40	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
αv1	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
VRd2	$0,5 + \alpha_{v1} \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d + 0,9$	1205,36	kN
Vd < VRd2 - OK!			

8.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} \leq h \leq 50\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}} = h/2$ e $h_{\text{inf}} = 10\text{cm}$ – Conforme BS 8007:1987 (*Design of concrete structures for retaining aqueous liquids*)



Para $h = 30\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}} = 30/2 = 15\text{cm}$ e $h_{\text{inf}} = 10\text{cm}$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 38/39	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0002	REV. 0	

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$$A_s = k \cdot k_{fct,ef} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (15 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3600 \text{ kgf/cm}^2 =$$

$$A_s = 8 \text{ cm}^2 - \varnothing 10 \text{ c/9}$$

8.5 RESUMO

Parede e fundo com espessura de 30 cm

Armação transversal externa e interna das paredes e lajes = $\varnothing 10 \text{ c/9}$

Armação longitudinal das paredes e lajes = $\varnothing 10 \text{ c/9}$

8.5.1 Geração dos Hietogramas de Precipitação Efetiva

Os hietogramas totais foram transformados em efetivos por meio da metodologia proposta pelo *Soil Conservation Service* (SCS, 1974). Nesse sentido, as condições de uso e ocupação do solo nos terrenos a montante do reservatório foram mapeadas para a determinação dos parâmetros do modelo SCS.

		PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m RELATÓRIO TÉCNICO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 39/39
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-RTE-0003	REV. 0

9.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO	
Razão social: DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA CNPJ: 07.214.006/0001-00	http: www.dfmais.eng.br
<i>Belo Horizonte / MG - dfmais@dfmais.eng.br - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001</i>	

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação/Revisão do Documento
Iara Couto	IC	Concreto	Revisão do Documento
Gabriela Leite	GL	Concreto	Dimensionamento Estrutural/Elaboração do Documento



Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002
www.dfmais.eng.br

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 2/20.0236	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0	

SUMÁRIO

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	NORMAS TÉCNICAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
3.0	SOFTWARES UTILIZADOS	3
4.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
5.0	PARÂMETROS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS	5
6.0	DIMENSIONAMENTO DAS CANALETAS DE BERMA	8
7.0	DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS DA OMBREIRA DIREITA / OMBREIRA ESQUERDA H=1,0	24
8.0	DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS DA OMBREIRA ESQUERDA H=1,20M	46
9.0	DIMENSIONAMENTO DA OMBREIRA ESQUERDA - TRECHO COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS - H=1,00	66
10.0	DIMENSIONAMENTO DA OMBREIRA ESQUERDA - TRECHO COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS - H=1,50	100
11.0	DIMENSIONAMENTO DO EXTRAVASSOR - SEÇÃO 4,0X3,0 - TRECHO LISO	133
12.0	DIMENSIONAMENTO DO EXTRAVASSOR - SEÇÃO 4,0X2,0 - DEGRAU	150
13.0	DIMENSIONAMENTO DO ANTEPARO DE IMPACTO	168
14.0	DIMENSIONAMENTO EXTRAVASOR - GALERIA COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS TB45	171
15.0	DIMENSIONAMENTO EXTRAVASOR - TRANSIÇÃO	188
16.0	DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO SITUADO NA OMBREIRA DIREITA	203
17.0	DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO PRINCIPAL	212
18.0	DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE LAMAS	228
19.0	ANEXO - DIMENSIONAMENTO GRADE	229
20.0	EQUIPE TÉCNICA	231

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 3/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

1.0 INTRODUÇÃO

O presente memorial descritivo de cálculo tem por finalidade apresentar as diretrizes, as análises estruturais e os dimensionamentos propriamente ditos de uma estrutura moldada in loco, em concreto armado convencional, inerente as estruturas de drenagem superficial da nova geometria do maciço para alteamento da Barragem BR, de propriedade da Mosaic, além de estar em conformidade com todas as descrições normativas vigentes nacionais e internacionais.

2.0 NORMAS TÉCNICAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As normas aplicáveis à estrutura vigentes no ano de 2018:

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 6118:2014 – Projeto de Estruturas de Concreto;
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 8681:2003 – Ações e Seguranças nas Estruturas
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 6122:2010 – Projeto e Execução de Fundações;
- Rodrigues, P.P.F.; Cassaro, F.R. – Pisos Industriais de Concreto Armado – São Paulo, IBTS, 2002. 2ed;

3.0 SOFTWARES UTILIZADOS

Para o dimensionamento da estrutura, foram utilizados os seguintes programas:

- Ftool
- Planilhas internas em Excel

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 4/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

4.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Número do Documento	Descrição
DF19-263-1-EG-DWG-0116	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Arranjo Geral - Planta
DF19-263-1-EG-DWG-0117	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Arranjo Geral - Seções típicas e Detalhes
DF19-263-1-EG-DWG-0118	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Esquerda - Planta, Perfil e Detalhes FL. 01/04
DF19-263-1-EG-DWG-0119	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Esquerda - Planta, Perfil e Detalhes FL. 02/04
DF19-263-1-EG-DWG-0120	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Esquerda - Planta, Perfil e Detalhes FL. 03/04
DF19-263-1-EG-DWG-0121	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Esquerda - Planta, Perfil e Detalhes FL. 04/04
DF19-263-1-EG-DWG-0122	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Esquerda - Seções Transversais
DF19-263-1-EG-DWG-0123	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Direita 01 - Planta, Perfil e Seção Típica
DF19-263-1-EG-DWG-0124	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Direita 01 - Seções Transversais
DF19-263-1-EG-DWG-0125	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Direita 02 - Planta, Perfil e Detalhes FL. 01/02
DF19-263-1-EG-DWG-0126	Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Direita 02 - Planta, Perfil e Detalhes FL. 02/02

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 5/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0
DF19-263-1-EG-DWG-0127		Projeto Detalhado - Barragens - Alçamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Direita 02 - Seções Transversais	

5.0 PARÂMETROS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS

5.1 PARÂMETROS GERAIS

- Peso específico da água interna à estrutura da drenagem.....1,0 tf/m³
- Peso específico do concreto.....2,5 tf/m³
- Resistência Característica do concreto.....fck = 30 MPa
- Resistência Característica do concreto magro.....fck = 10 MPa
- Módulo de Elasticidade.....Ecs = 27GPa
- Tensão Característica do aço.....fyk = 500 MPa
- Classe de Agressividade.....Classe III
- Cobrimento mínimo da armação.....4,0 cm

5.2 PARÂMETROS DO SOLO

Os parâmetros do solo adotados para dimensionamento foram:

Solo Natural

- Peso específico saturado: 1,7 tf/m³
- Ângulo de atrito do solo: 30°
- Coesão: 7KPa
- Coeficiente de empuxo ativo:

$$\kappa_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) = 0,333$$

$$\kappa_a = \cos^2(\varphi) = \cos^2(30^\circ) = 0,750$$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 6/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

•
Reaterro

- Peso específico saturado: 1,7 tf/m³
- Ângulo de atrito do solo: 28°
- Coesão: 5KPa
- Coeficiente de empuxo ativo:

$$\kappa_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{28^\circ}{2}\right) = 0,361$$

$$\kappa_a = \cos^2(\varphi) = \cos^2(28^\circ) = 0,780$$

•
5.3 COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DE AÇÕES E RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

Abaixo os coeficientes de ponderação utilizados no dimensionamento estrutural, conforme ilustrado nas tabelas 11.1 e 12.1 da NBR6118.

- Coeficiente de majoração das ações permanentes: $\gamma_{f,g} = 1,4$
- Coeficiente de majoração das ações variáveis: $\gamma_{f,q} = 1,4$
- Coeficiente de minoração da resistência do concreto: $\gamma_c = 1,4$
- Coeficiente de minoração da resistência do aço: $\gamma_s = 1,15$

5.4 ESTADO LIMITE ÚLTIMO E ESTADO LIMITE DE SERVIÇO

As estruturas são dimensionadas para o Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço, considerando as ações atuantes:

- peso próprio;
- empuxos laterais produzidos pelo solo;
- pressões de água de dentro para fora e de fora para dentro do canal (caso existam);
- empuxos laterais produzidos por sobrecargas na superfície;
- empuxos laterais produzidos por equipamento de compactação durante a execução do aterro;

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 7/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Para as verificações é feita a determinação das situações críticas e são realizadas análises para duas hipóteses de carregamento, considerando os coeficientes de ponderação.

Estado Limite de Último (ELU)

- Carregamento simétrico com pressão lateral máxima de fora para dentro, considerando as pressões laterais do solo, de sobrecargas, quando for o caso, e, se não existir sistema de drenagem, o efeito de água no solo; o coeficiente de empuxo é o ativo.
- Carregamento simétrico com pressão lateral máxima de dentro para fora, considerando as pressões de água de dentro para fora e desconsiderando as pressões laterais do solo.

Com estas duas combinações podem-se determinar os máximos e mínimos esforços solicitantes na estrutura.

Estado Limite de Serviço (ELS)

A verificação do ELS é feita para o Estado para a combinação frequente das ações (ações que se repetem muitas vezes durante o período de vida da estrutura), considerando que o controle de fissuração é imprescindível por razões de estanqueidade da estrutura. Esta verificação é feita após a escolha das armações.

5.5 COMBINAÇÃO DE AÇÕES

Um carregamento é definido pela combinação das ações que têm probabilidades não desprezíveis de atuarem simultaneamente sobre a estrutura, durante um período pré-estabelecido.

- Combinações últimas normais: Em cada combinação devem estar incluídas as ações permanentes e as ações variáveis, com seus valores característicos majorados conforme coeficientes de ponderação (Item 5.3).

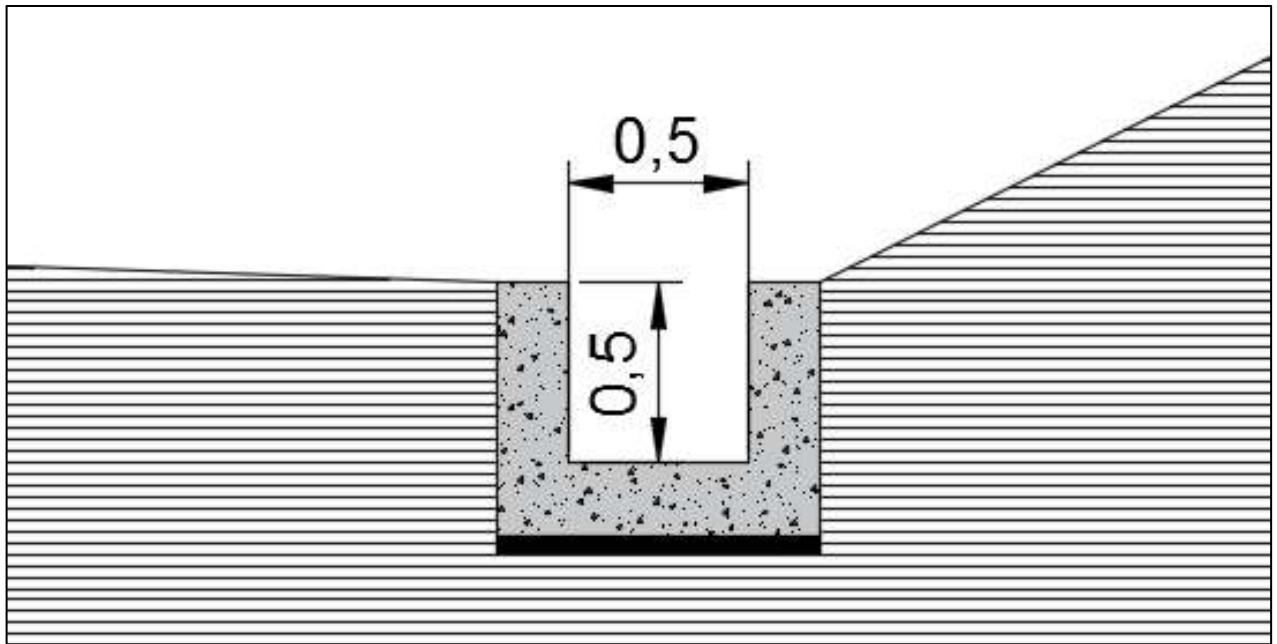
$$F_d = (\gamma_{f,g} \times F_{gk}) + \sum (\gamma_{f,q} \times F_{qk})$$

- Combinações Frequentes de serviço: Nas combinações frequentes de serviço, são adotadas as ações permanentes com seus valores característicos, as ações variáveis com seus valores característicos multiplicado por seus coeficientes de ponderação. O coeficiente de ponderação das ações para estados limites de serviço é considerado como $\gamma_f = 1,0$ e não é considerada a minoração das cargas para combinação frequente.

$$F_d = (F_{gk}) + \sum (\gamma_f \times F_{qk})$$

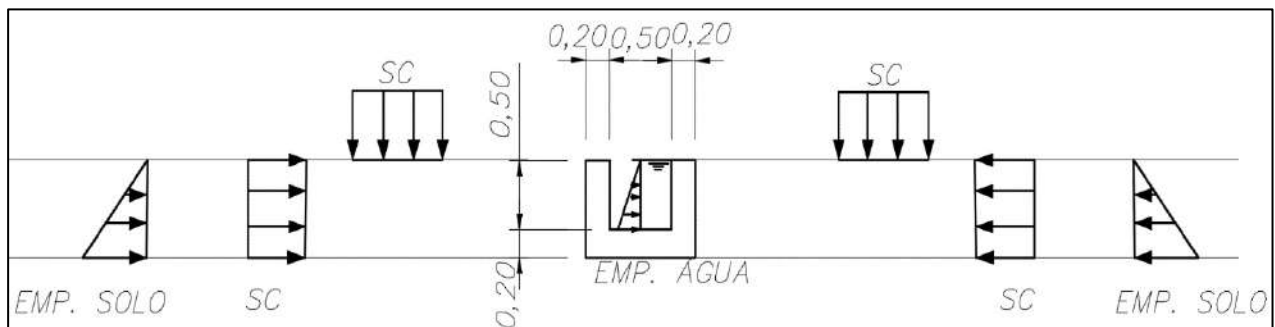
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 8/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

6.0 DIMENSIONAMENTO DAS CANALETAS DE BERMA



6.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
-



-
-
- Empuxo do Solo = $\gamma \times h \times K_a = 1,7 \times 0,60 \times 0,750 = 0,765 \text{ tf/m}^2$
- Sobrecarga = $sc \times K_a = 1,0 \times 0,750 = 0,750 \text{ tf/m}^2$
- Empuxo da Água (20% de borda livre) = $\gamma \times h = 1,0 \times 0,50 = 0,50 \text{ tf/m}^2$
- Peso próprio das paredes = $2,5 \times 0,20 \times 0,60 = 0,30 \text{ tf/m}$
- Peso próprio da laje de fundo = $2,5 \times 0,20 = 0,50 \text{ tf/m}^2$
-
- Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 9/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

-

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

-

-

- Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15MPa/m$.

-

Para a distância entre nós de 17,5 cm temos:

$$1500tf/m^3 \times 0,175m \times 1,0m = 262,5 tf/m$$

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

10/20.0236

Nº DF+

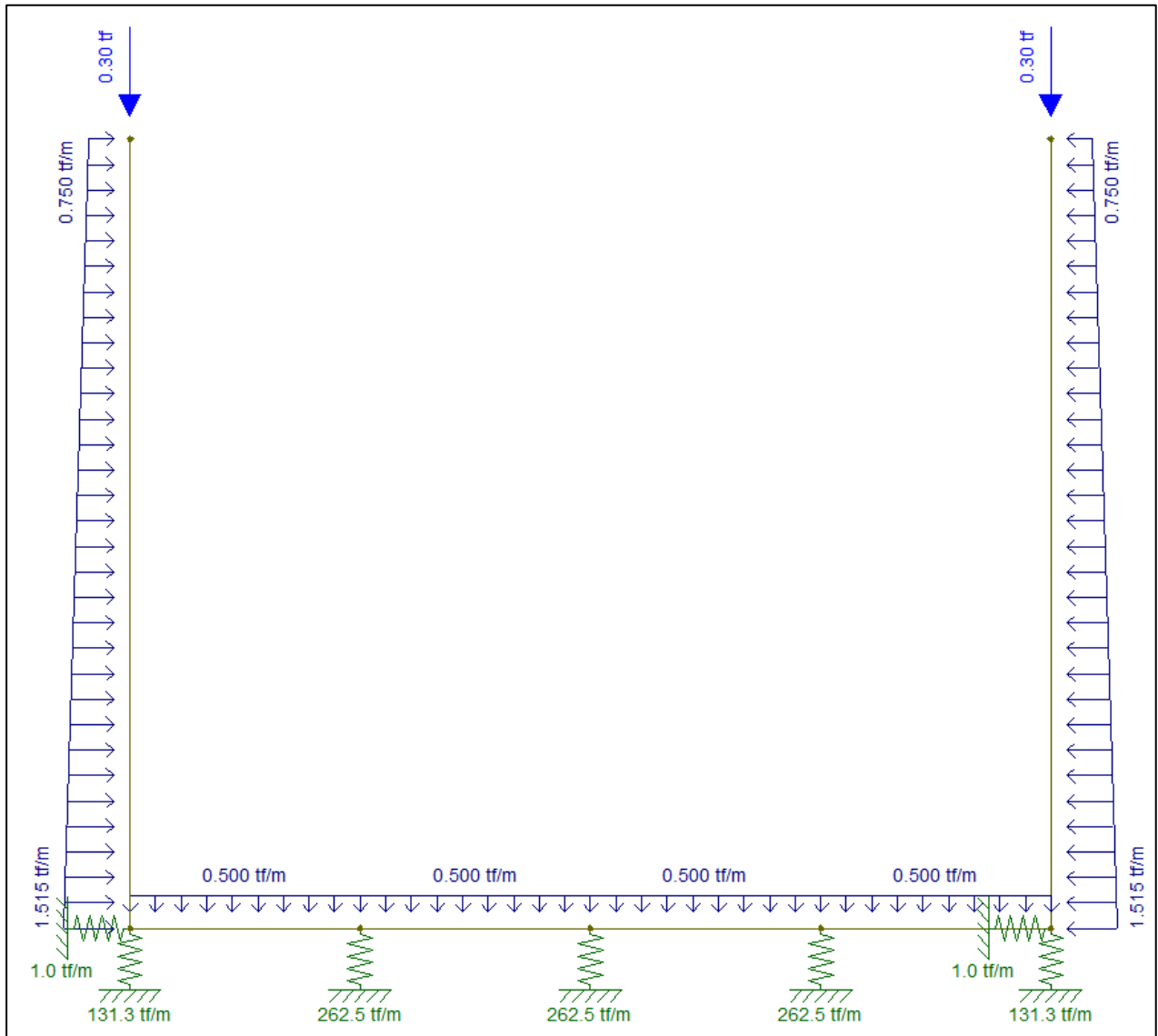
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

6.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

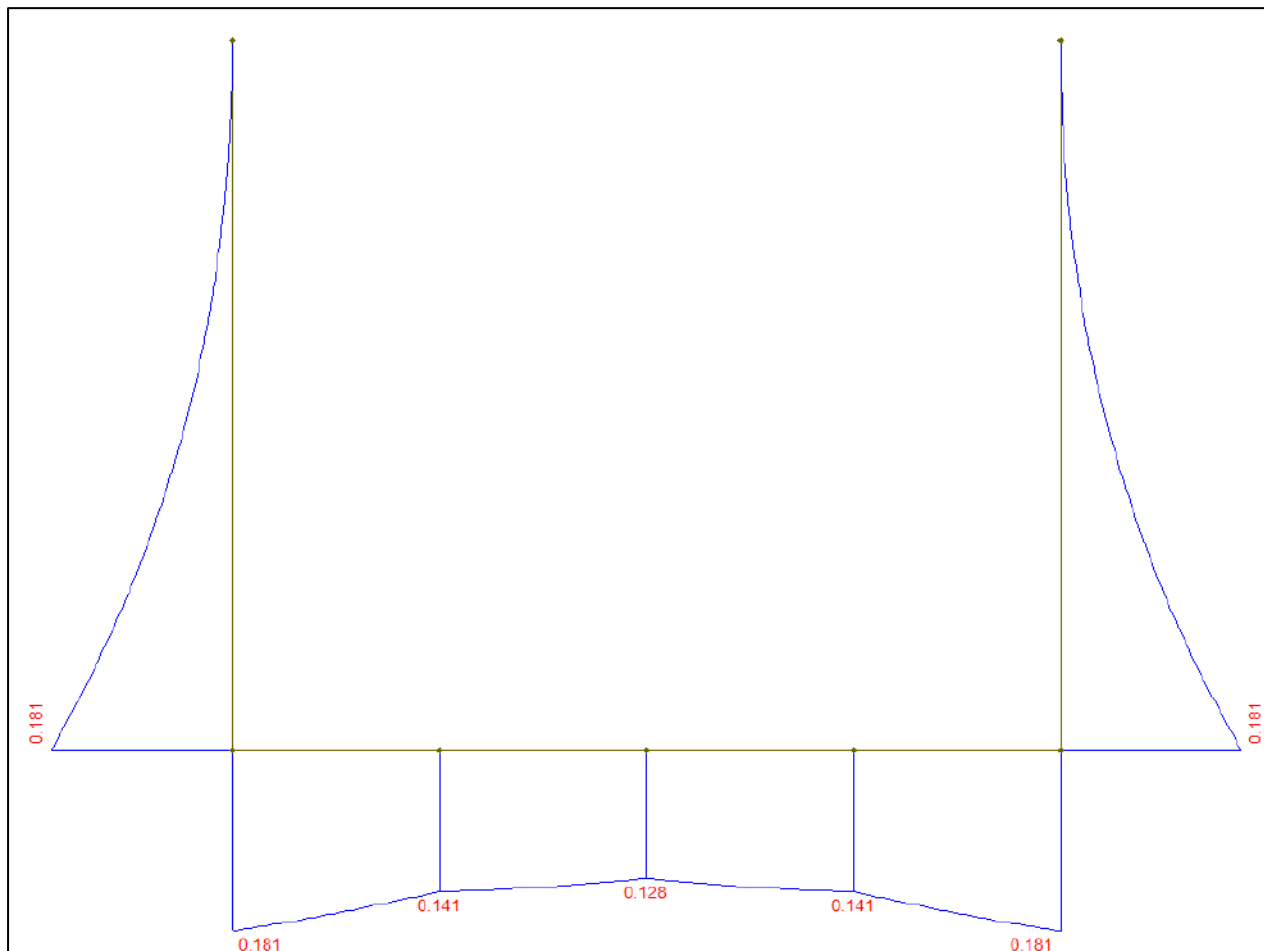
- Esforços



PROJETO DETALHADO
 BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
 NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
 ESTRUTURAL
 MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC	PÁGINA
-	11/20.0236
Nº DF+	REV.
DF19-263-1-CV-MEC-0003	0

- Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	σ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	181	50	0,00	0,39	3,16	0,002	8	15,9	ø 8,0 c/ 15,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

12/20.0236

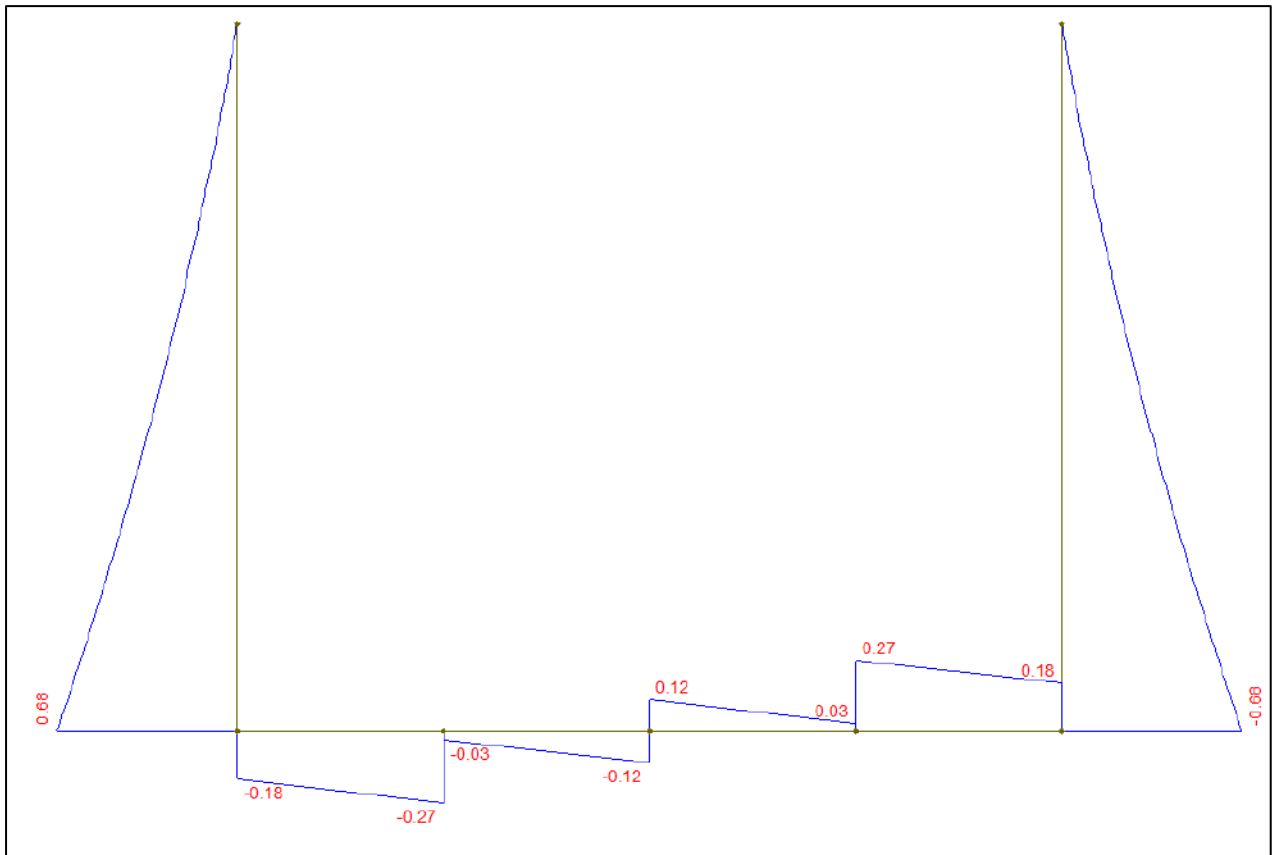
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

13/20.0236

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento

Descrição Geral:	CANALETA		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	6,8	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,200	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,150	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	296	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
f _{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	A _s / (b _w * d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s * γ _f / (b _w * h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	94,50	kN
V _d	V * γ _f	9,52	kN
Não é necessário armar: V_d < V_{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 * α _{v1} * f _{cd} * b _w * d * 0,9	723,21	kN
V_d < V_{Rd2} - OK!			

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

14/20.0236

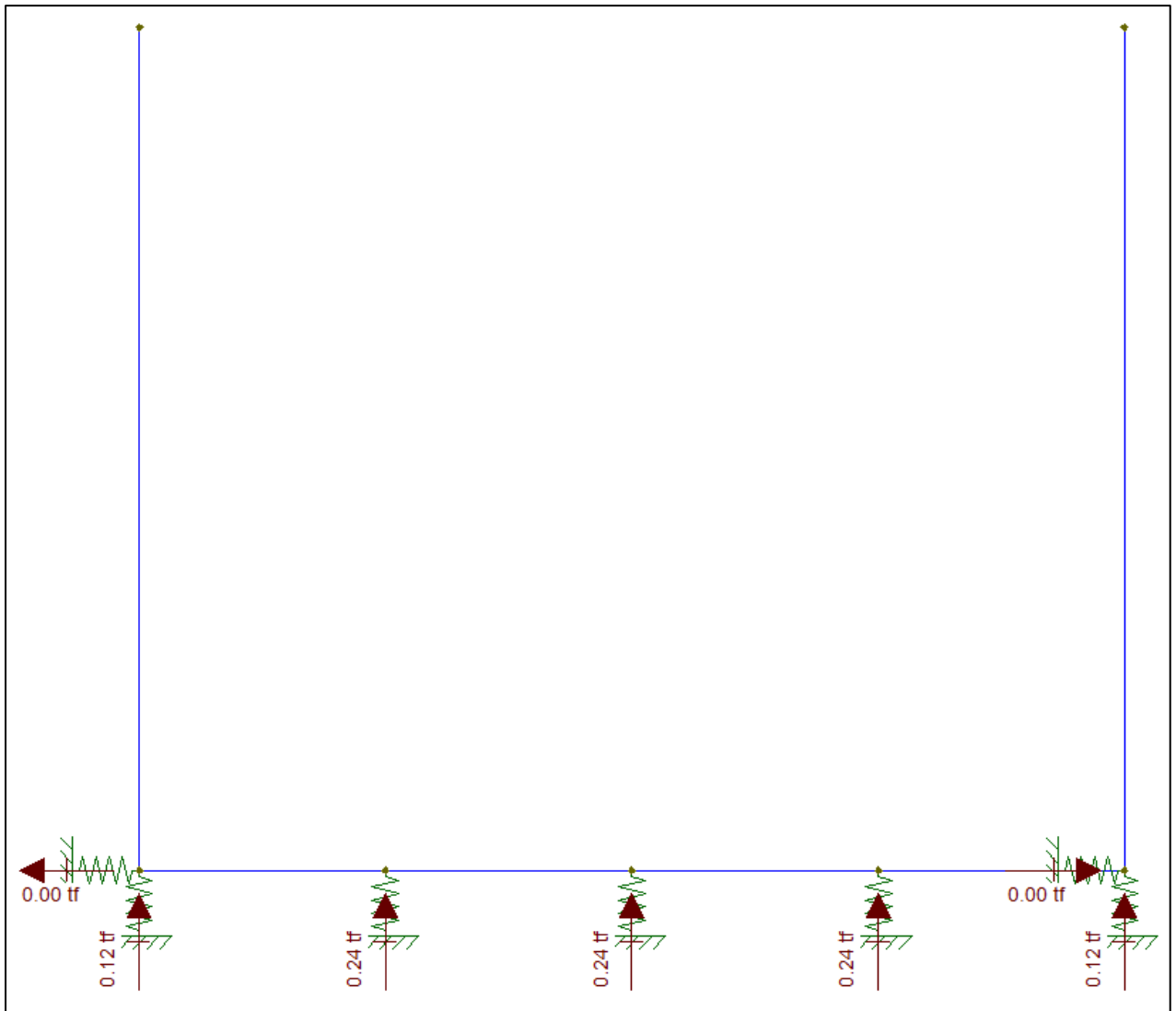
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Reações:



-
- Reação máxima = 240kgf
- Tensão máxima = $240 / (17,5 \times 100) = 0,137 \text{ kgf/cm}^2$
-
- Deformações:

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

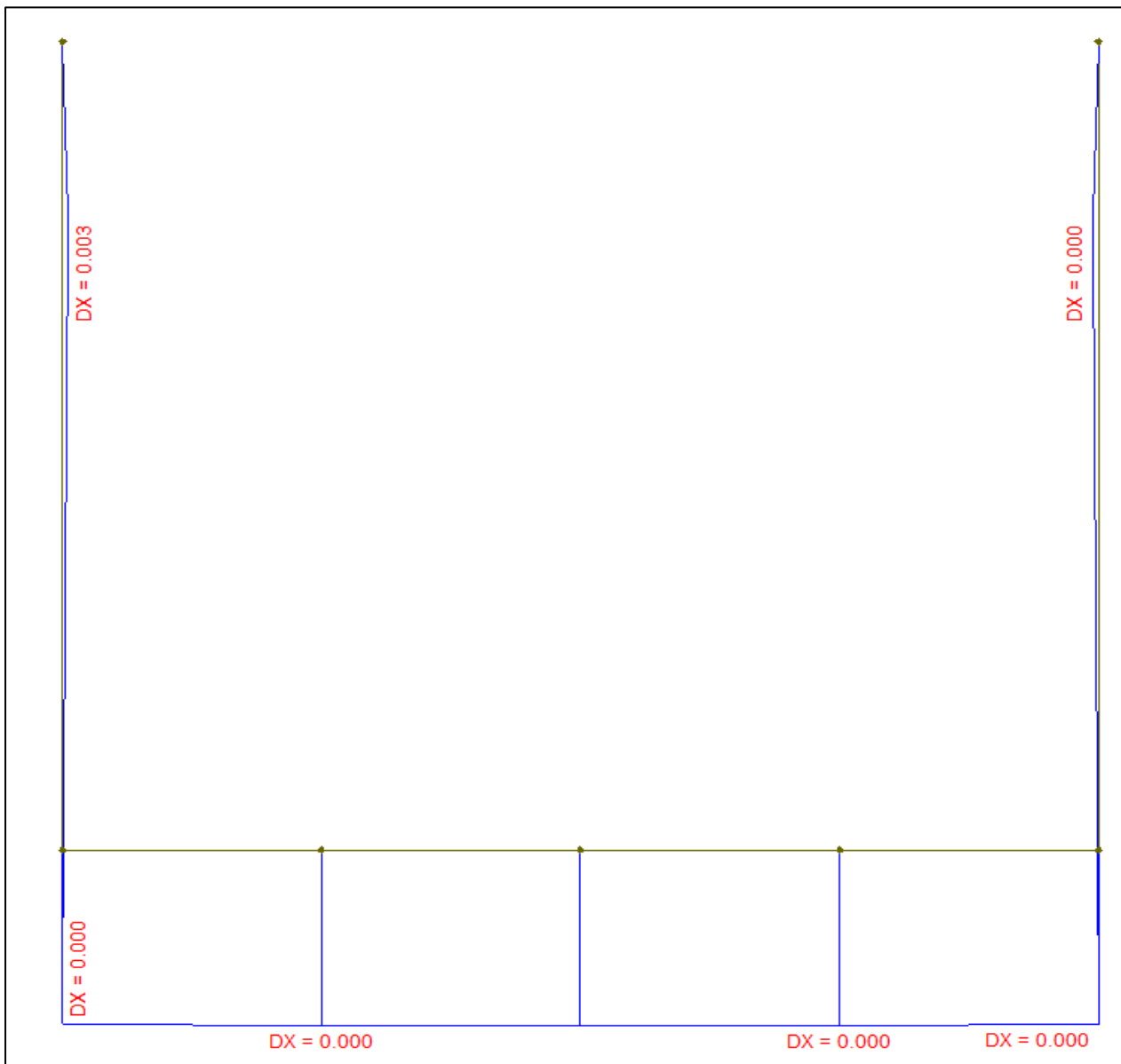
15/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



- Deformação máxima horizontal = 0,003 cm
- Deformação horizontal limite = $60/150 = 0,40$ cm

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

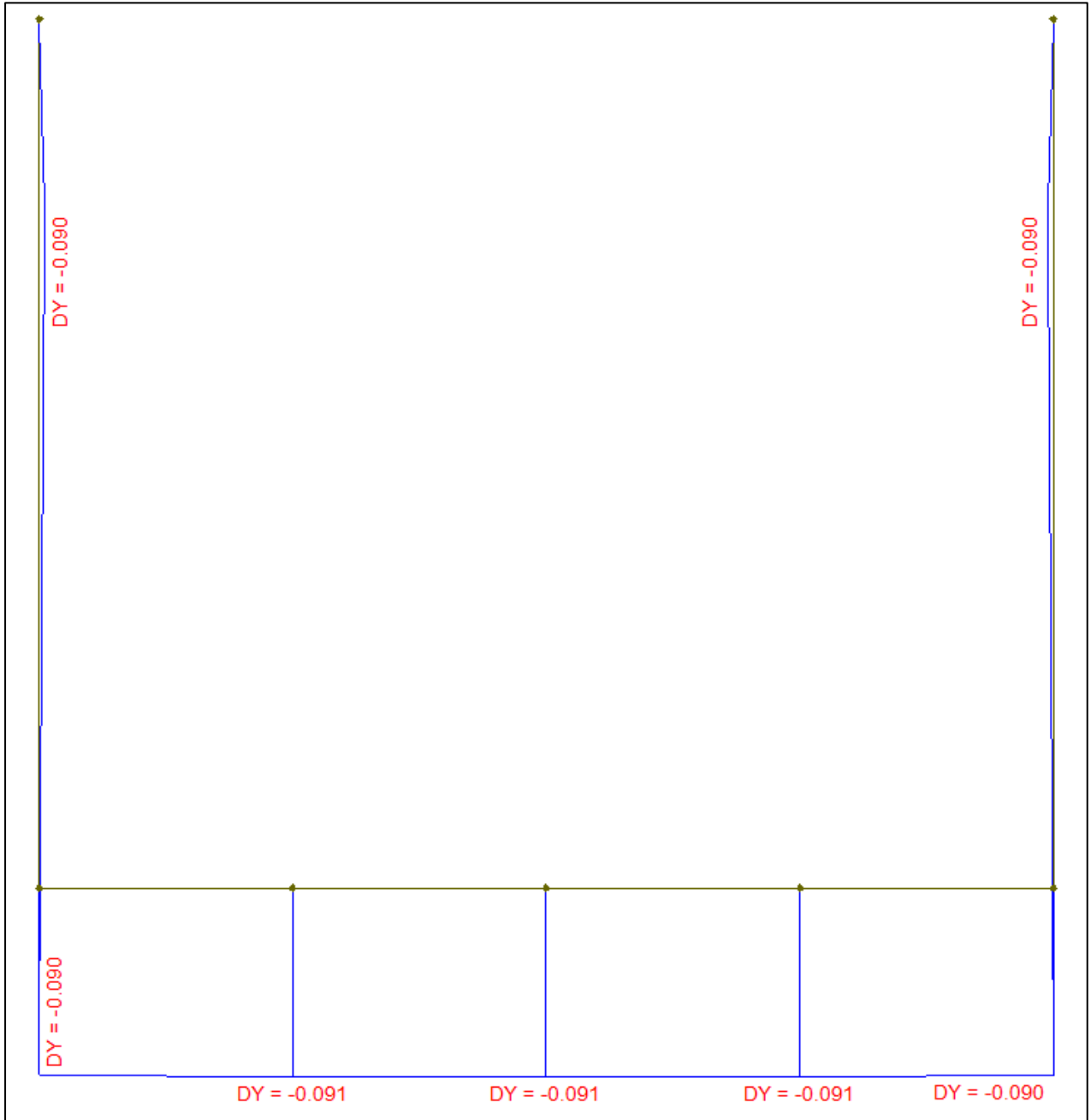
16/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

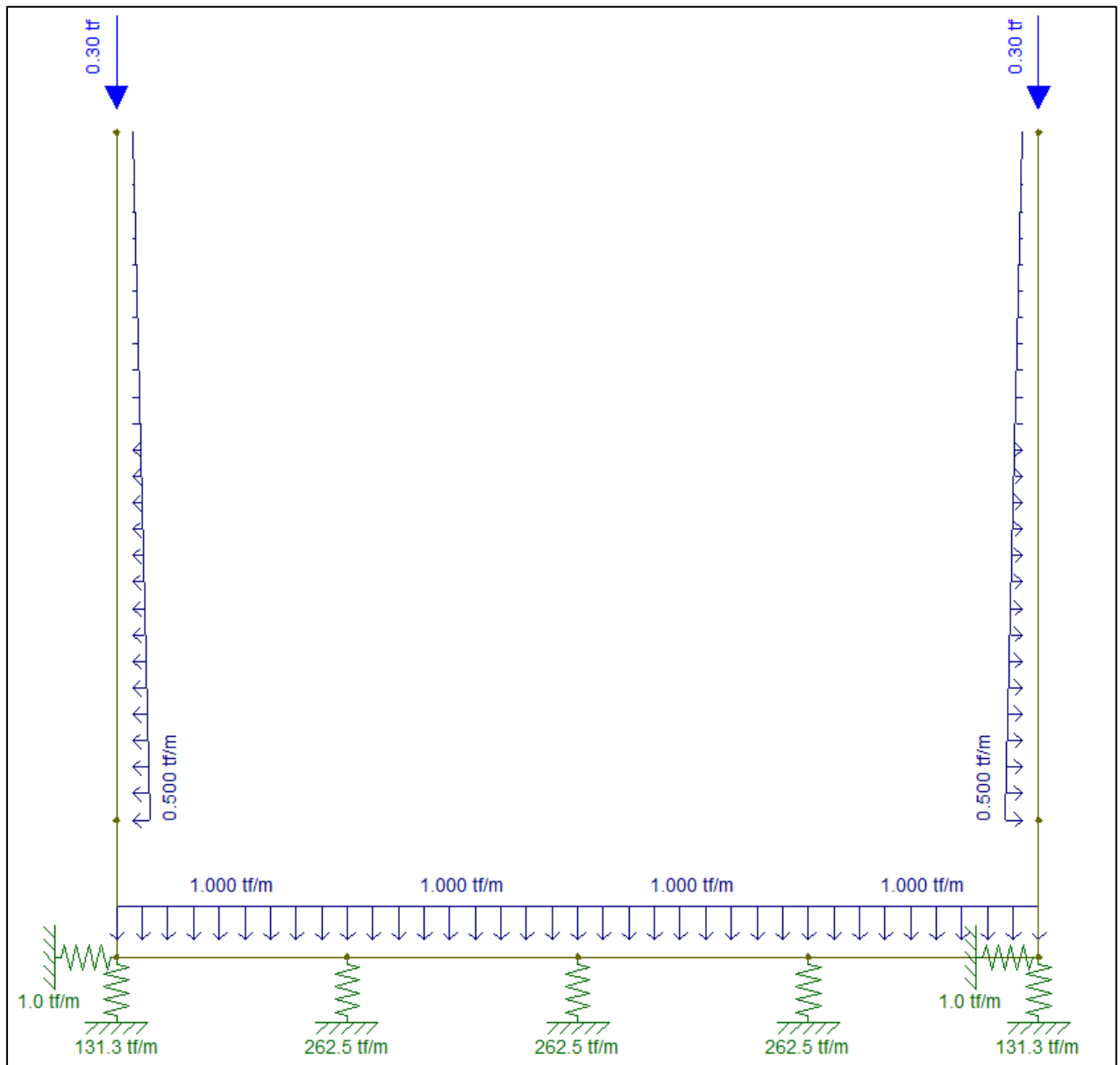


-
- Deformação máxima vertical = 0,09 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 17/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

6.2 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

18/20.0236

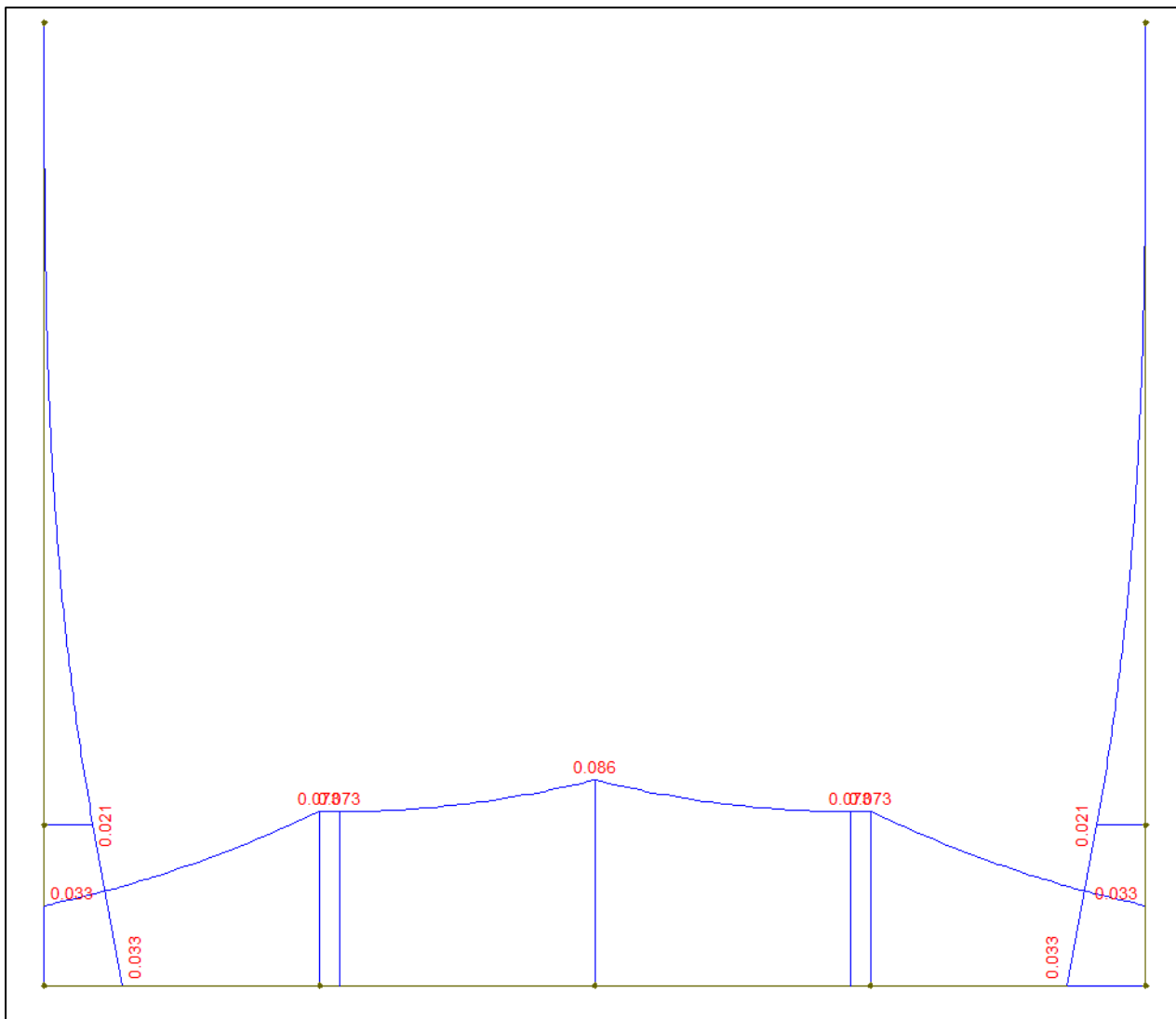
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s											
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm												
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45													
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
L1	Horizontal	N	20	15	86	50	0,00	0,18	3,16	0,000	8	15,9	ϕ 8,0 c/ 15,0

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

19/20.0236

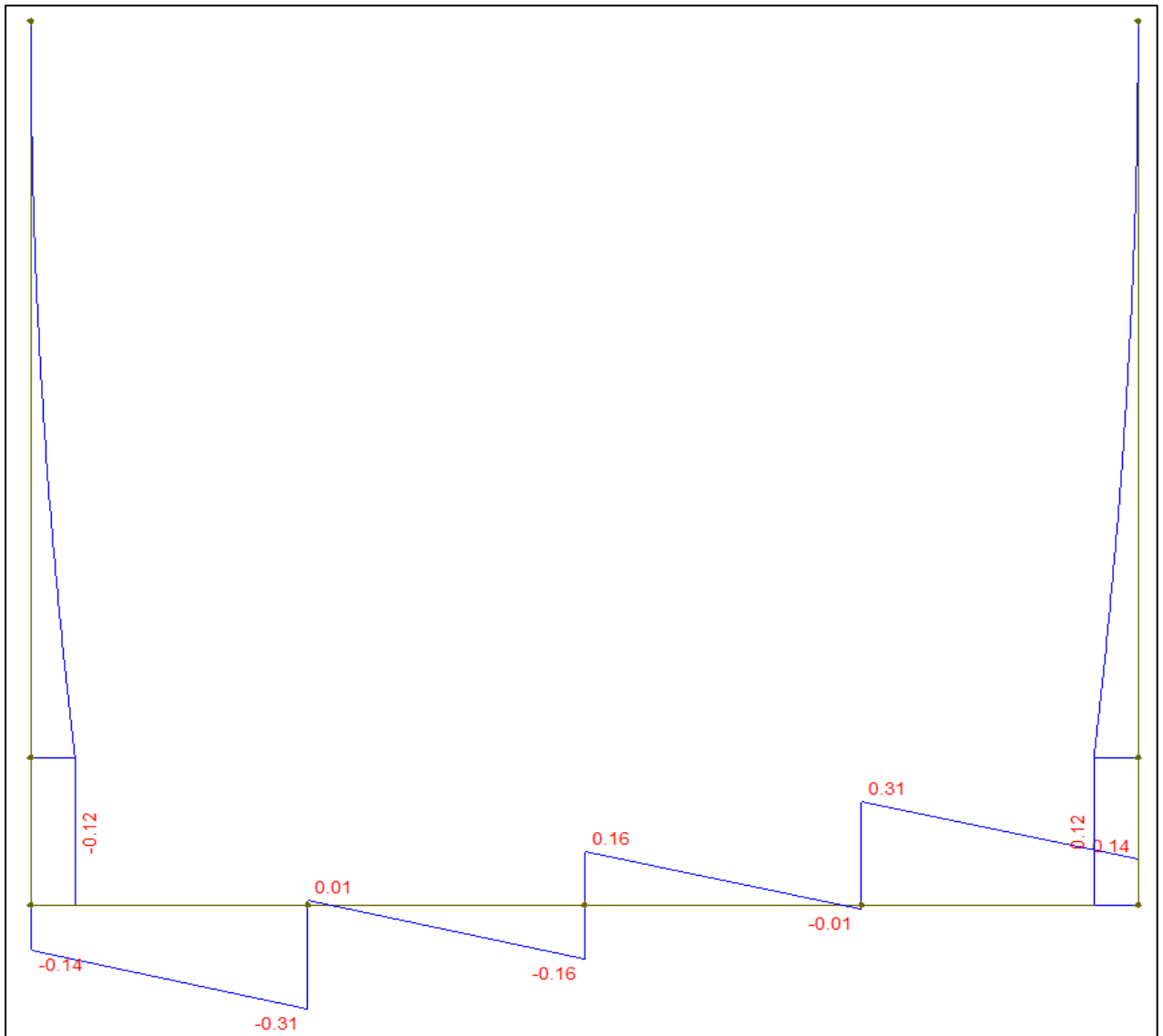
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

Nº DF+

 -
DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

20/20.0236

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento

Descrição Geral:	CANALETA		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	3,1	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,200	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²	
Área de concreto (Ac)	0,150	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (fywd)- Item 19.4.2	296	MPa	
Coeficiente de minoração da resistência (γc)	1,4		
Coeficiente de majoração de carga (γf)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
fctd	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	As / (bw * d)	0,0000	
σcp	Ns * γf / (bw * h)	0,00	MPa
VRd1	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	94,50	kN
Vd	V * γf	4,34	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
αv1	0,7 - fck / 200	0,500	
VRd2	0,5 * αv1 * fcd * bw * d * 0,9	723,21	kN
Vd < VRd2 - OK!			

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

21/20.0236

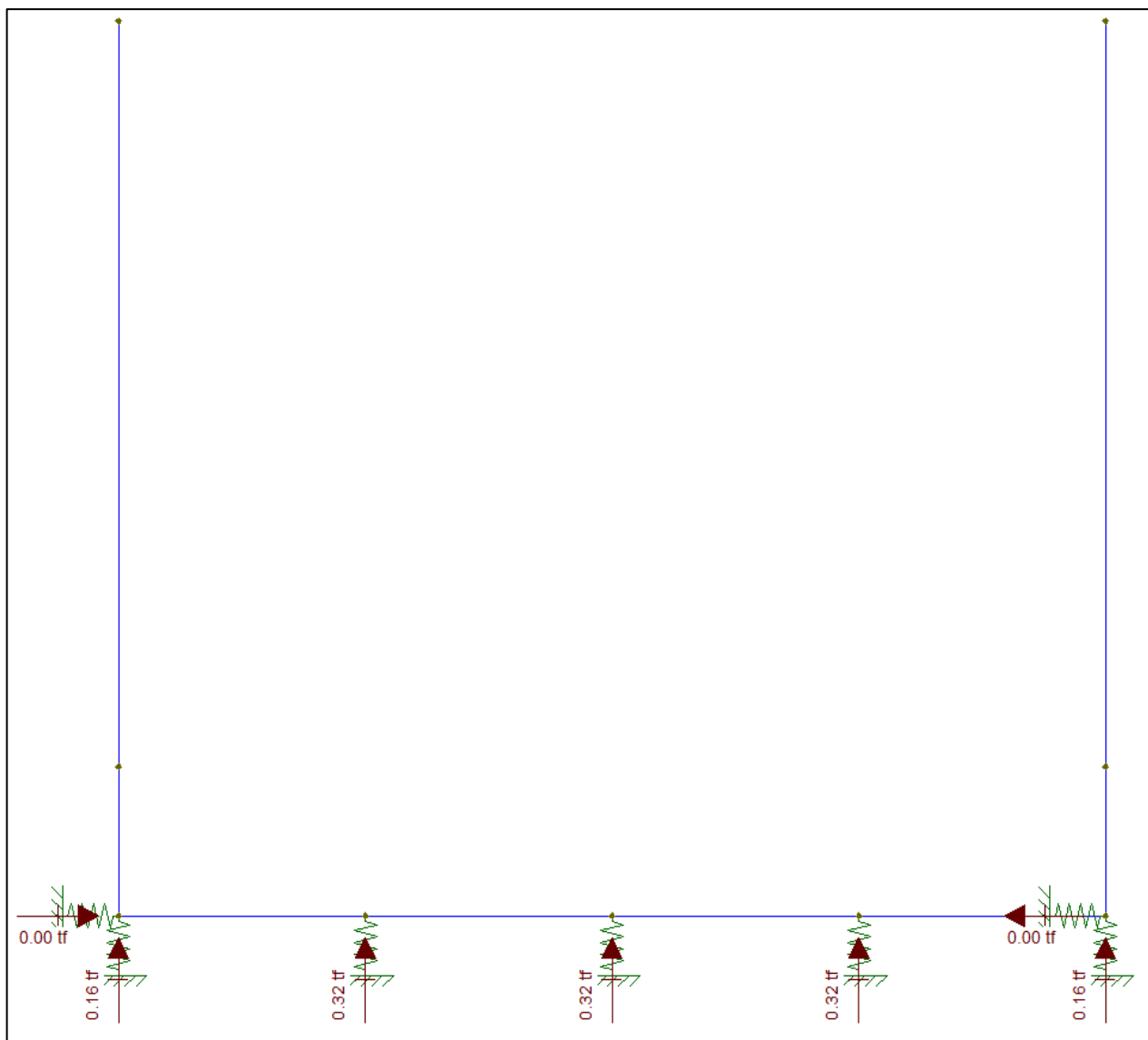
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Reações:



-
- Reação máxima = 320 kgf
- Tensão máxima = $320 / (17,5 \times 100) = 0,183 \text{ kgf/cm}^2$
-

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

22/20.0236

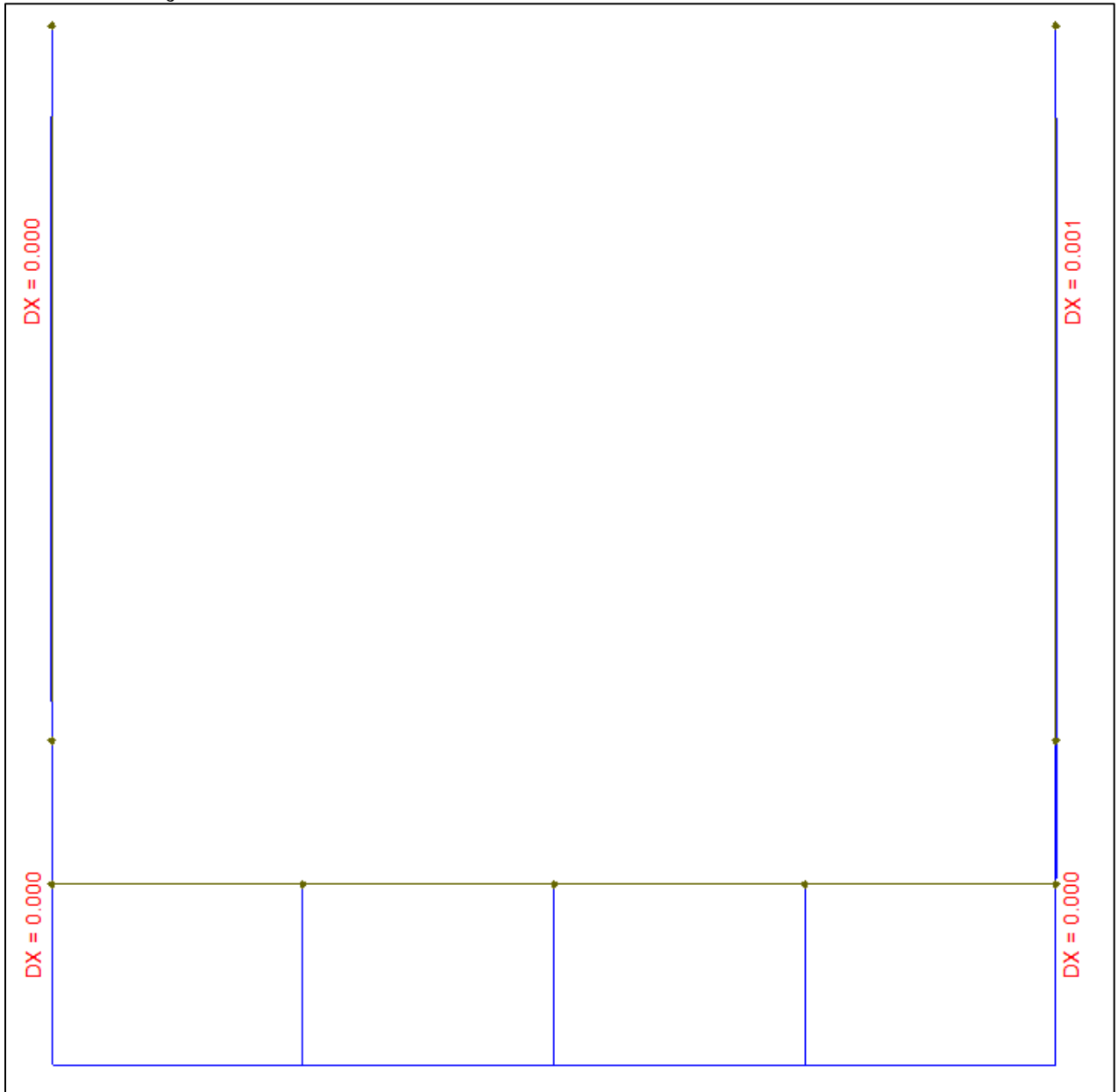
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Deformações:



- Deformação máxima horizontal = 0,001 cm
- Deformação horizontal limite = $60/150 = 0,40$ cm
-

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

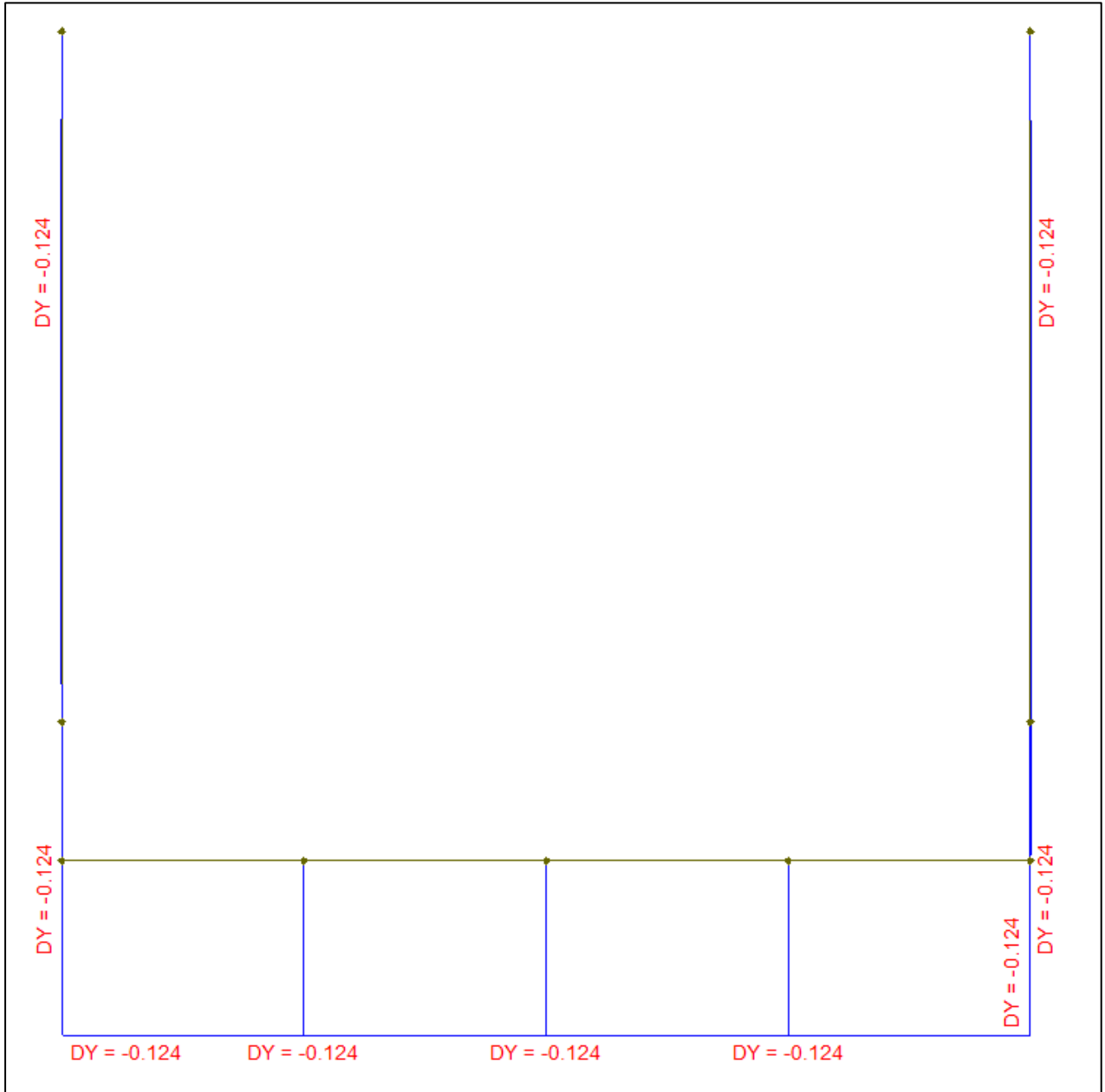
23/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

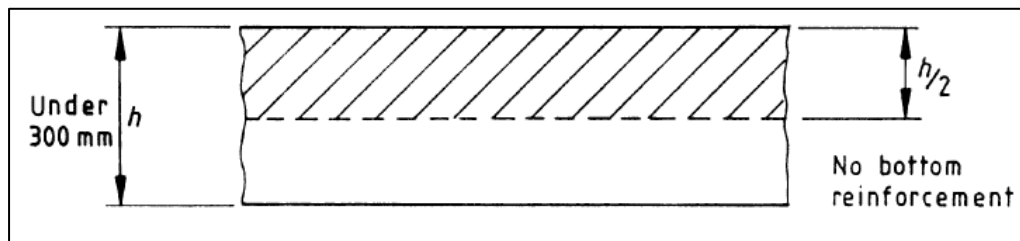


-
- Deformação máxima vertical = 0,124 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 24/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

6.3 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} < h \rightarrow h_{\text{sup}}=h/2$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para $h = 20\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}= 20/2 = 10\text{cm}$

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

- $A_s = k k_{\text{fct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$
- $A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (10 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 4000 \text{ kgf/cm}^2 =$
- $A_s = 4,8 \text{ cm}^2 - \varnothing 8 \text{ c}/10$
-

6.4 RESUMO:

- Parede e fundo com espessura de 20 cm
- Armadura transversal da parede e laje de fundo: $\varnothing 8 \text{ c}/10$
-
- Armadura longitudinal da parede e laje de fundo: $\varnothing 8 \text{ c}/10$
-

7.0 DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS DA OMBREIRA DIREITA / OMBREIRA ESQUERDA H=1,0

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

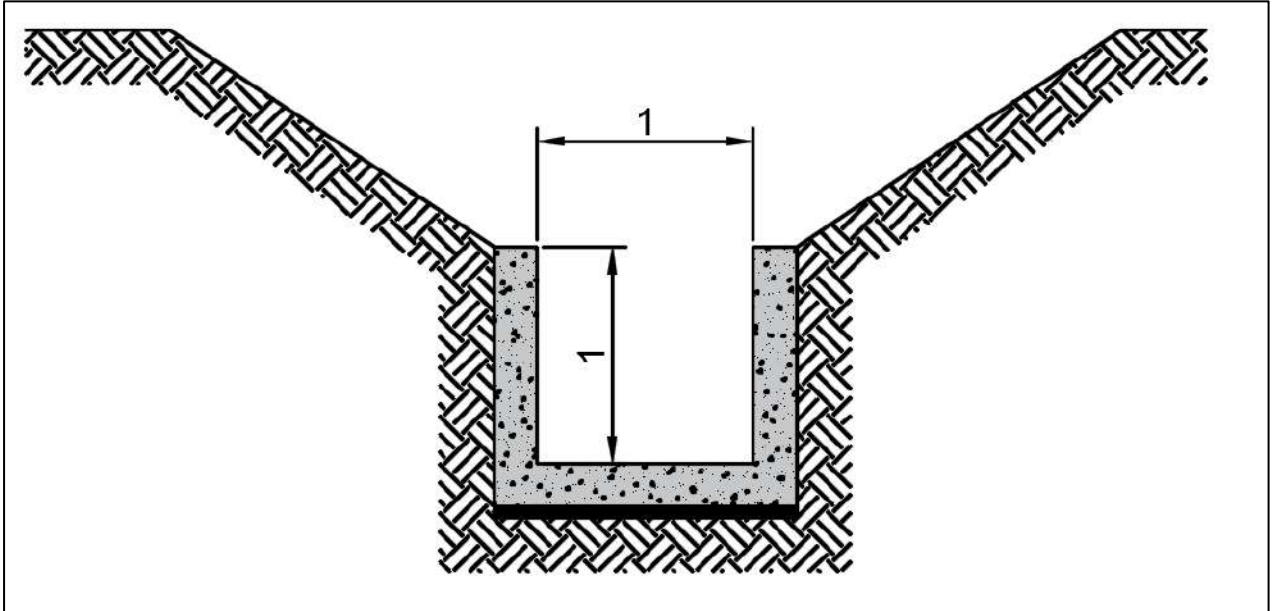
25/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

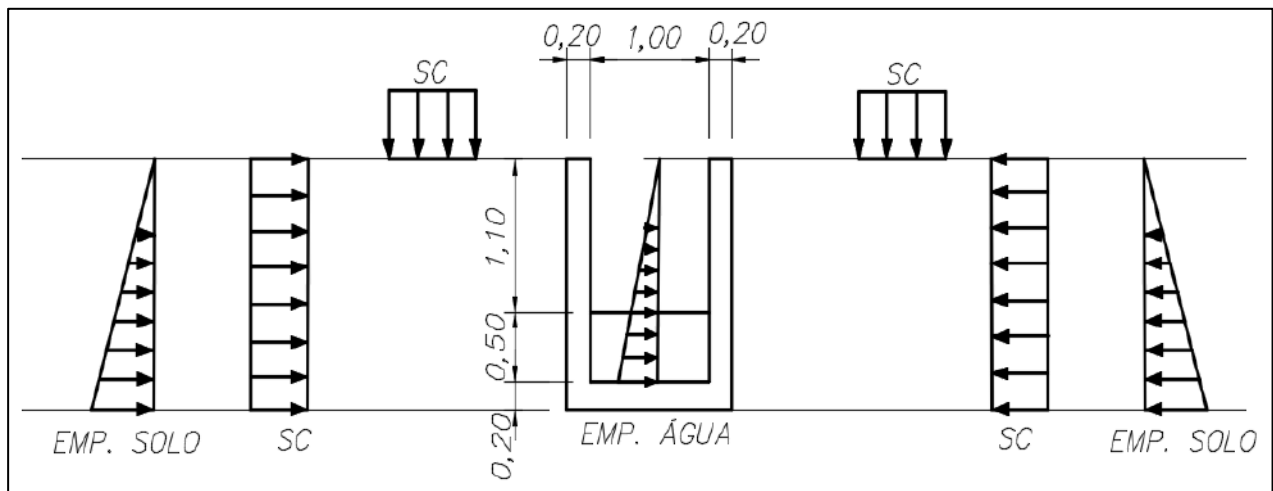
REV.

0



7.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
-



-
-
- Empuxo do Solo = $\gamma \times h \times K_a = 1,7 \times 1,70 \times 0,750 = 2,168 \text{ tf/m}^2$
- Sobrecarga = $sc \times K_a = 1,0 \times 0,750 = 0,750 \text{ tf/m}^2$
- Empuxo da Água = $\gamma \times h = 1,0 \times 1,60 = 1,60 \text{ tf/m}^2$
- Peso próprio das paredes = $2,5 \times 0,20 \times 1,70 = 0,85 \text{ tf/m}$
- Peso próprio da laje de fundo = $2,5 \times 0,45 = 1,125 \text{ tf/m}^2$
-

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 26/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

-
- Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15MPa/m$.
-

Para a distância entre nós de 20 cm temos:

$$1500tf/m^3 \times 0,20m \times 1,0m = 300 tf/m$$

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

27/20.0236

Nº DF+

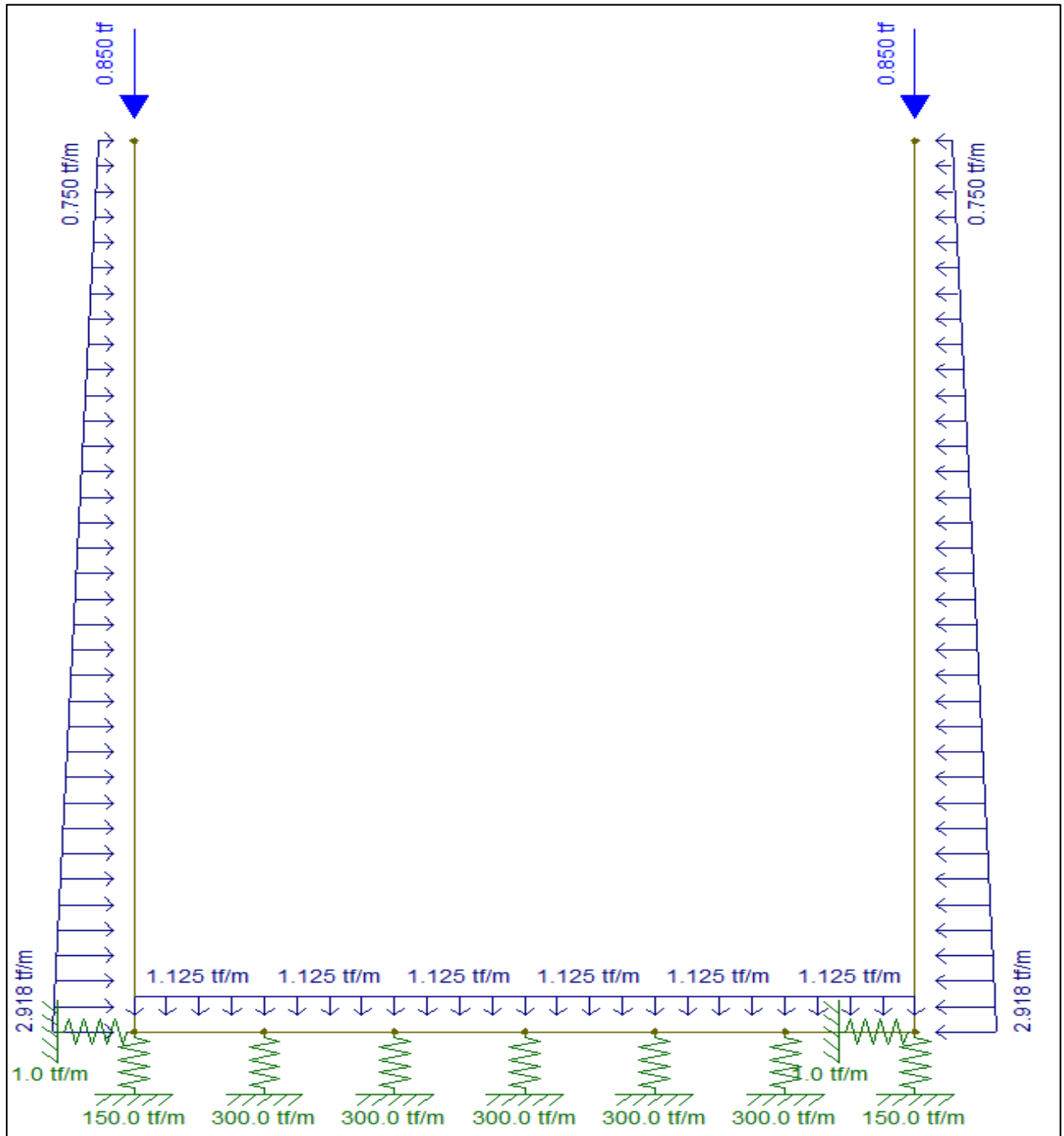
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

7.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

28/20.0236

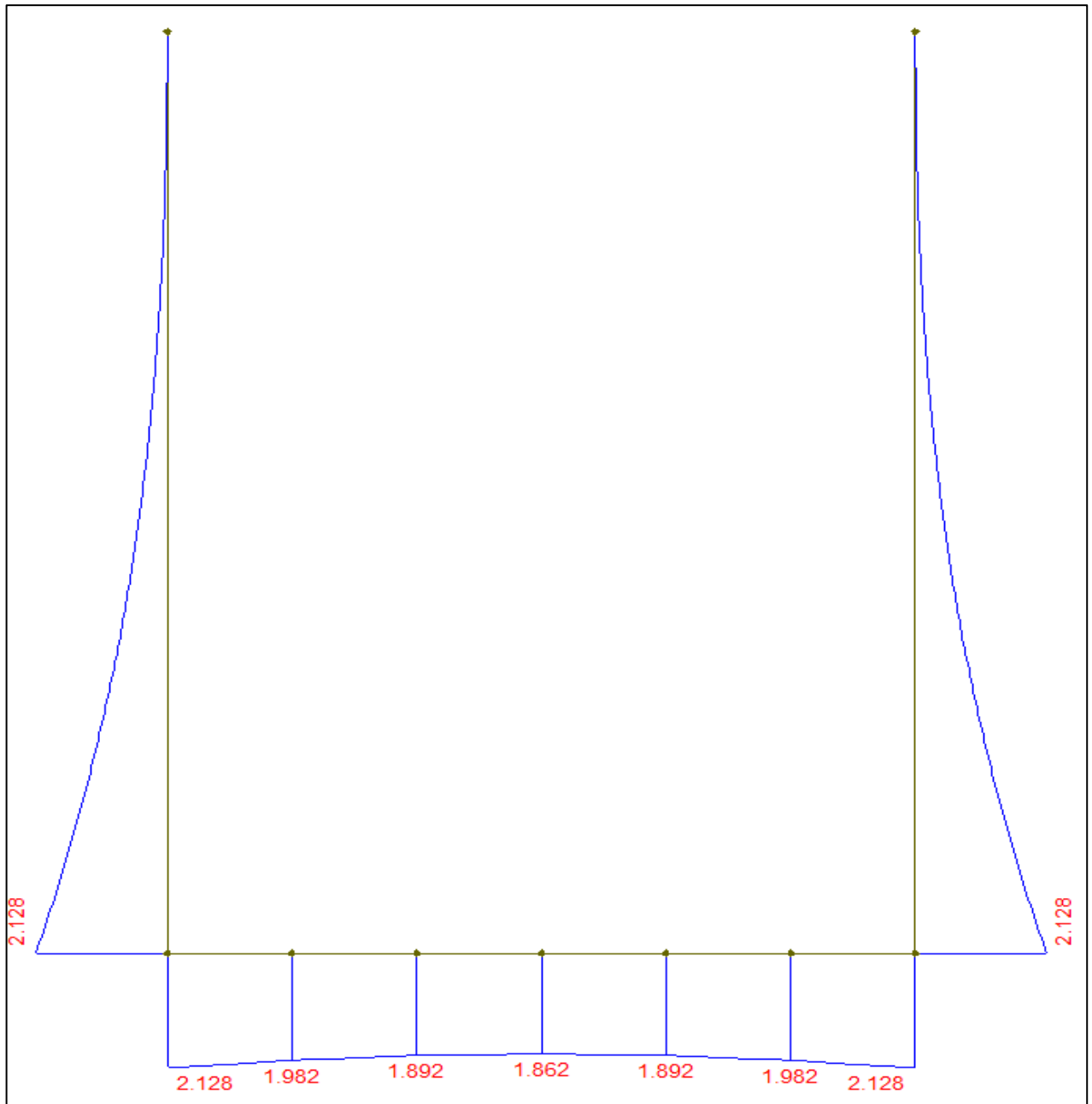
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra $x/d = 0,45$												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kg*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detailham.
L1	Horizontal	N	20	2128	50	0,00	4,75	4,75	0,121	8	10,6	ϕ 8,0 c/ 10,0

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

29/20.0236

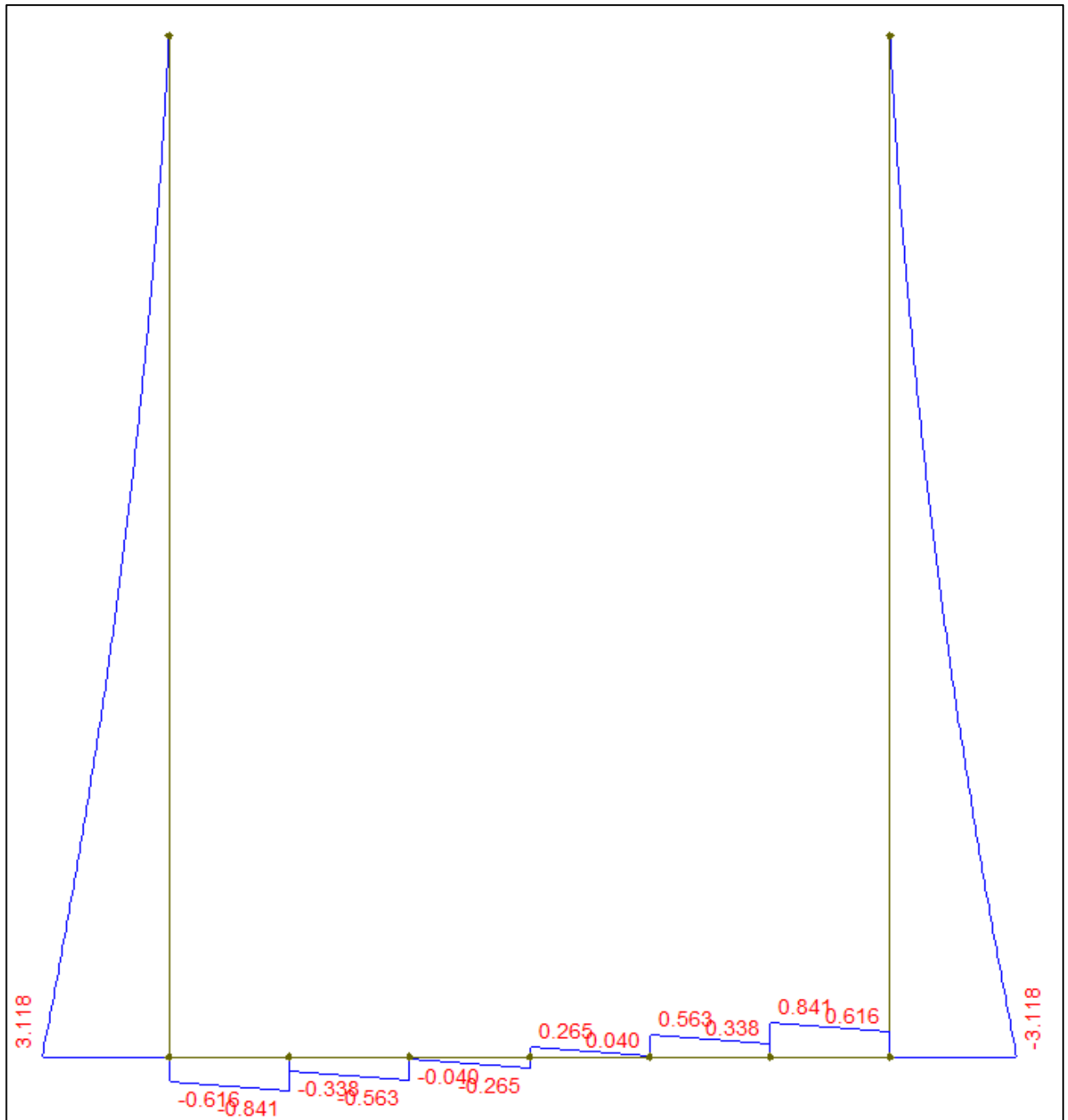
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

30/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAIS DAS OMBREIRAS		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	31,2	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,200	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,150	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	296	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
f _{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	A _s / (b _w * d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s * γ _f / (b _w * h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	94,50	kN
V _d	V * γ _f	43,68	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 * α _{v1} * f _{cd} * b _w * d * 0,9	723,21	kN
Vd < VRd2 - OK!			

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

31/20.0236

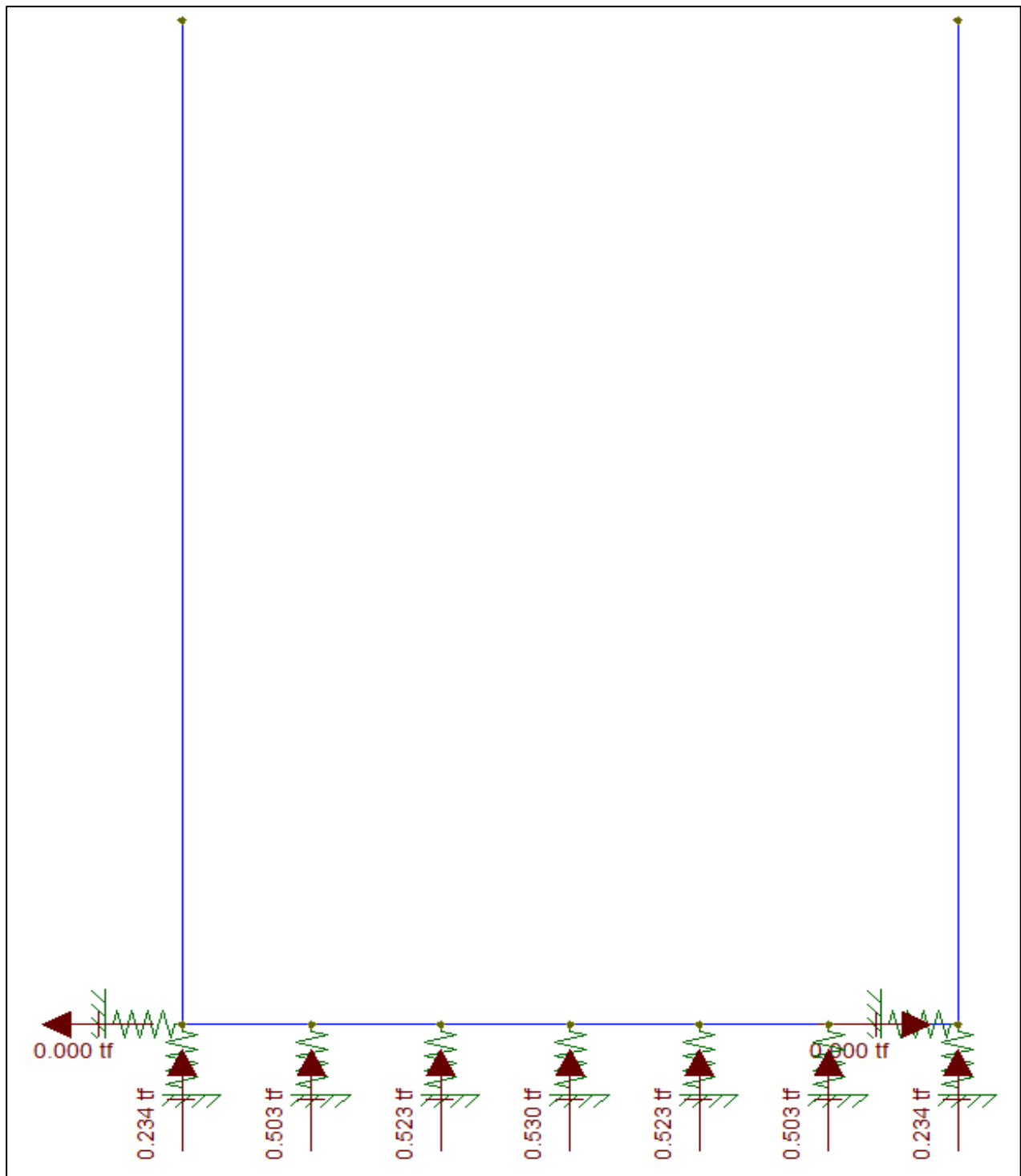
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Reações:



-
-
- Reação máxima = 530 kgf
- Tensão máxima = $530 / (20 \times 100) = 0,265 \text{ kgf/cm}^2$
-

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

32/20.0236

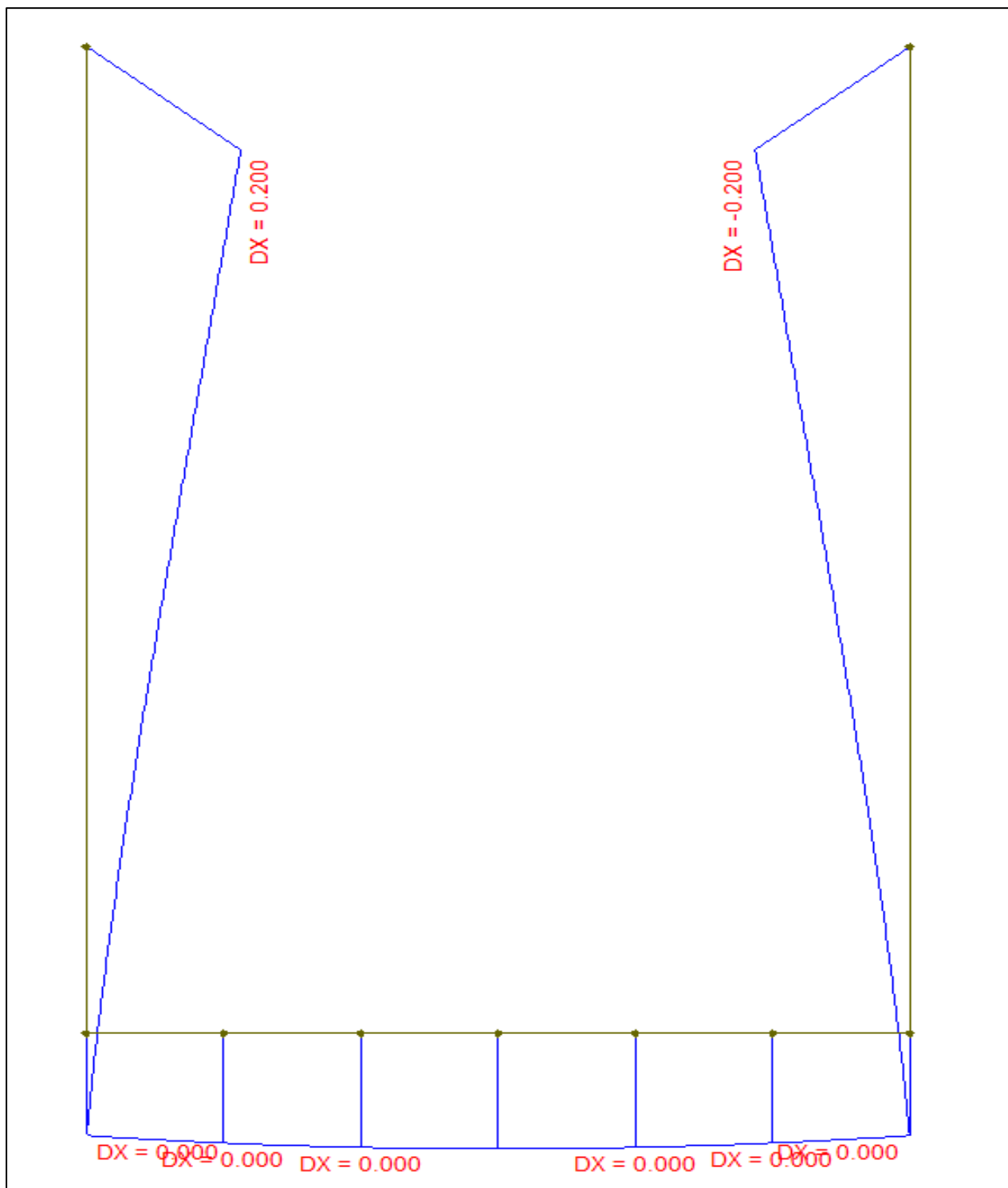
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Deformações:



- Deformação máxima horizontal = 0,20 cm
-
- Deformação horizontal limite = $170/150 = 1,13$ cm

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

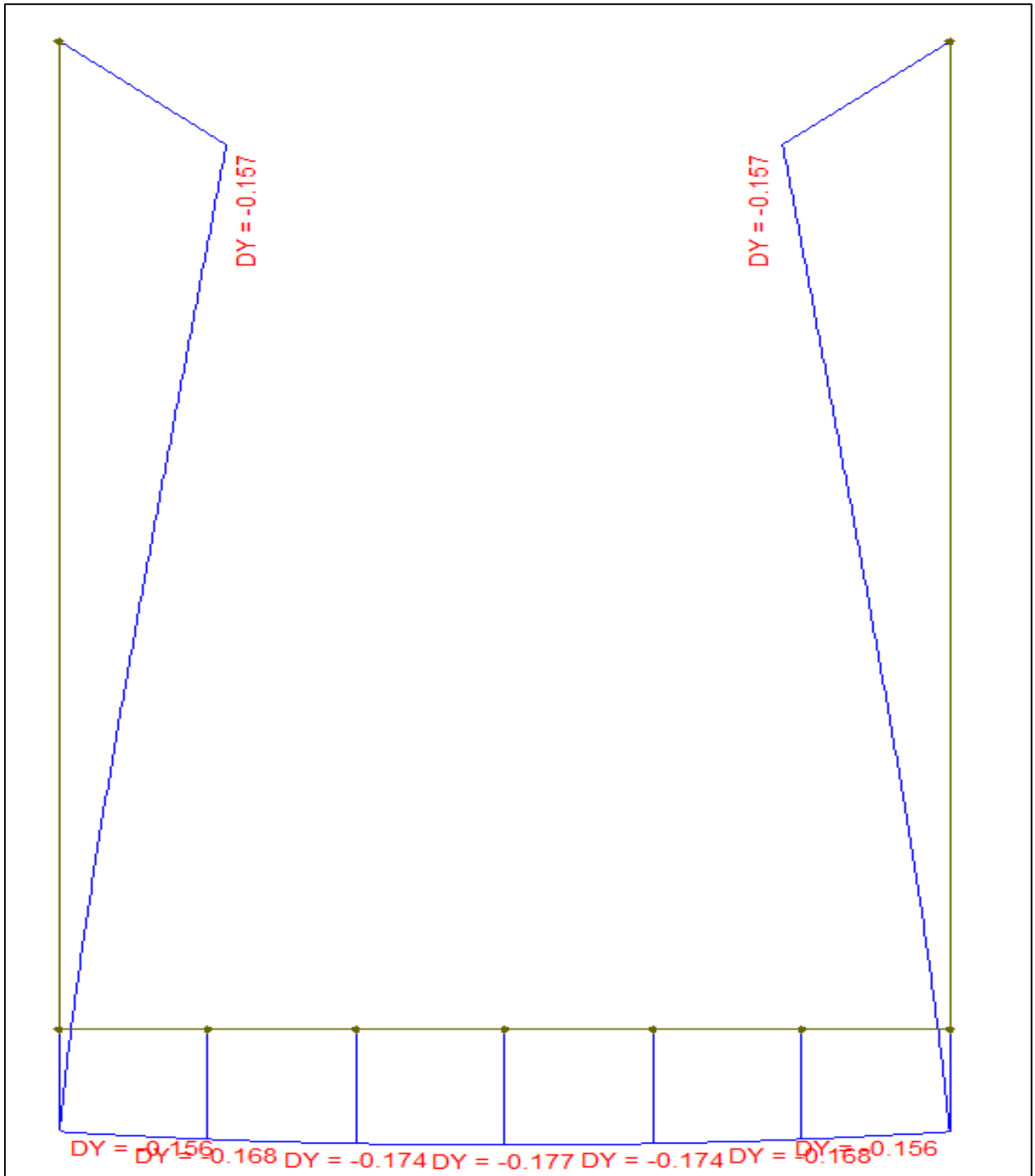
33/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



-
- Deformação máxima vertical = 0,177 cm

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

34/20.0236

Nº DF+

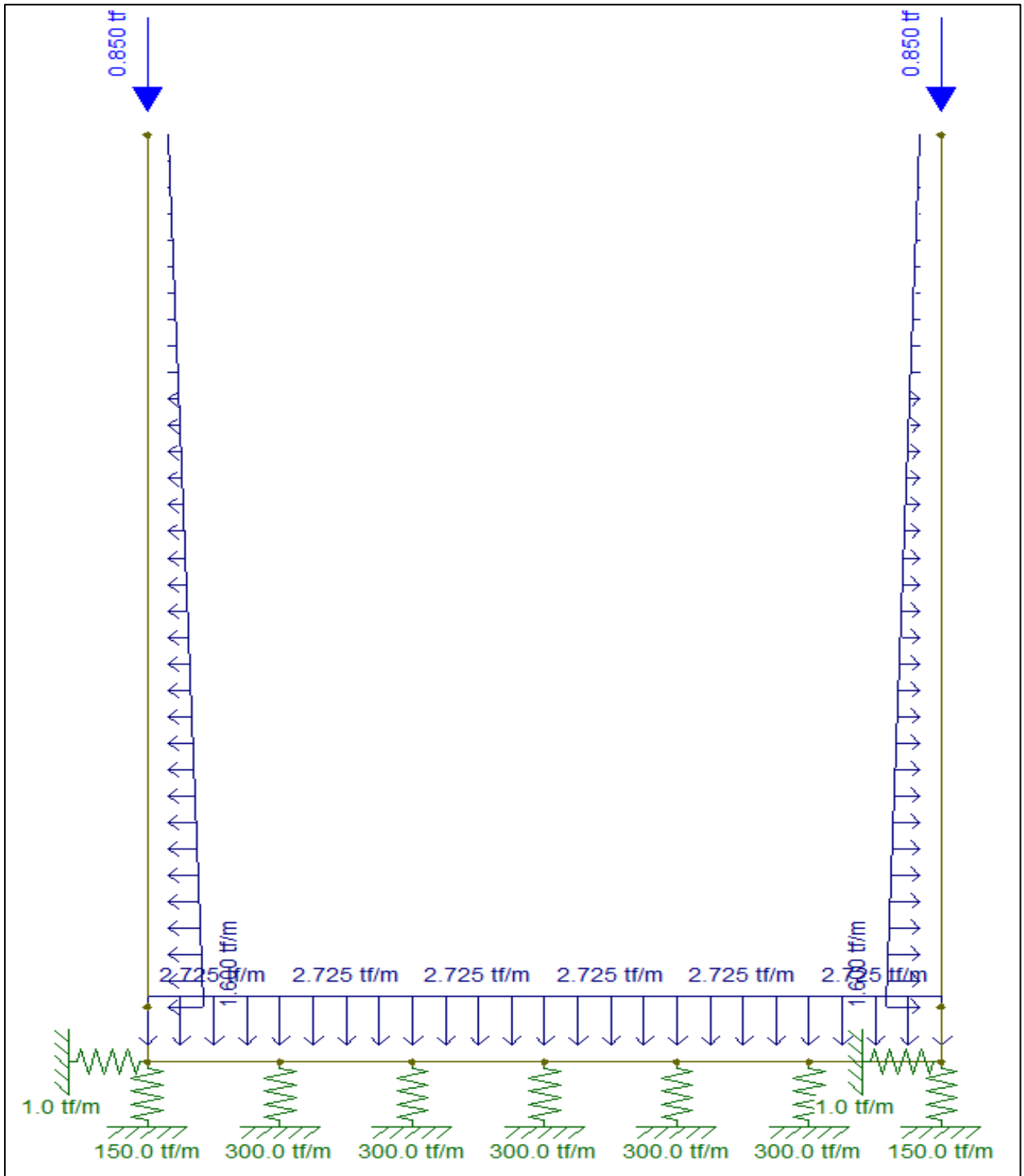
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

7.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

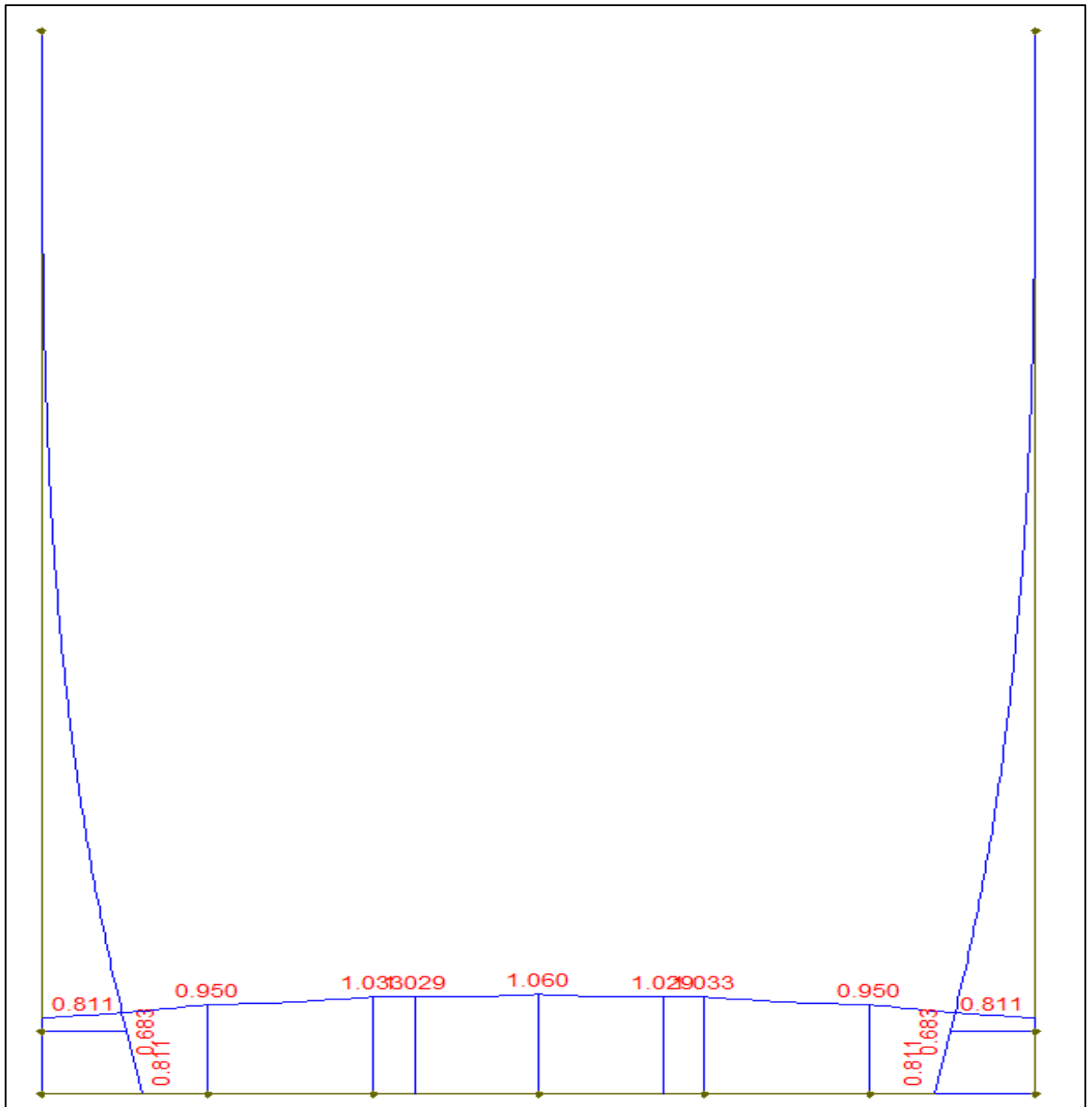
- Esforços



PROJETO DETALHADO
 BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
 NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
 ESTRUTURAL
 MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC	PÁGINA
-	35/20.0236
Nº DF+	REV.
DF19-263-1-CV-MEC-0003	0

- Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{res}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detailam.
L1	Horizontal	N	20	1060	50	0,00	2,32	3,16	0,059	8	15,9	ϕ 8,0 c/ 15,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

36/20.0236

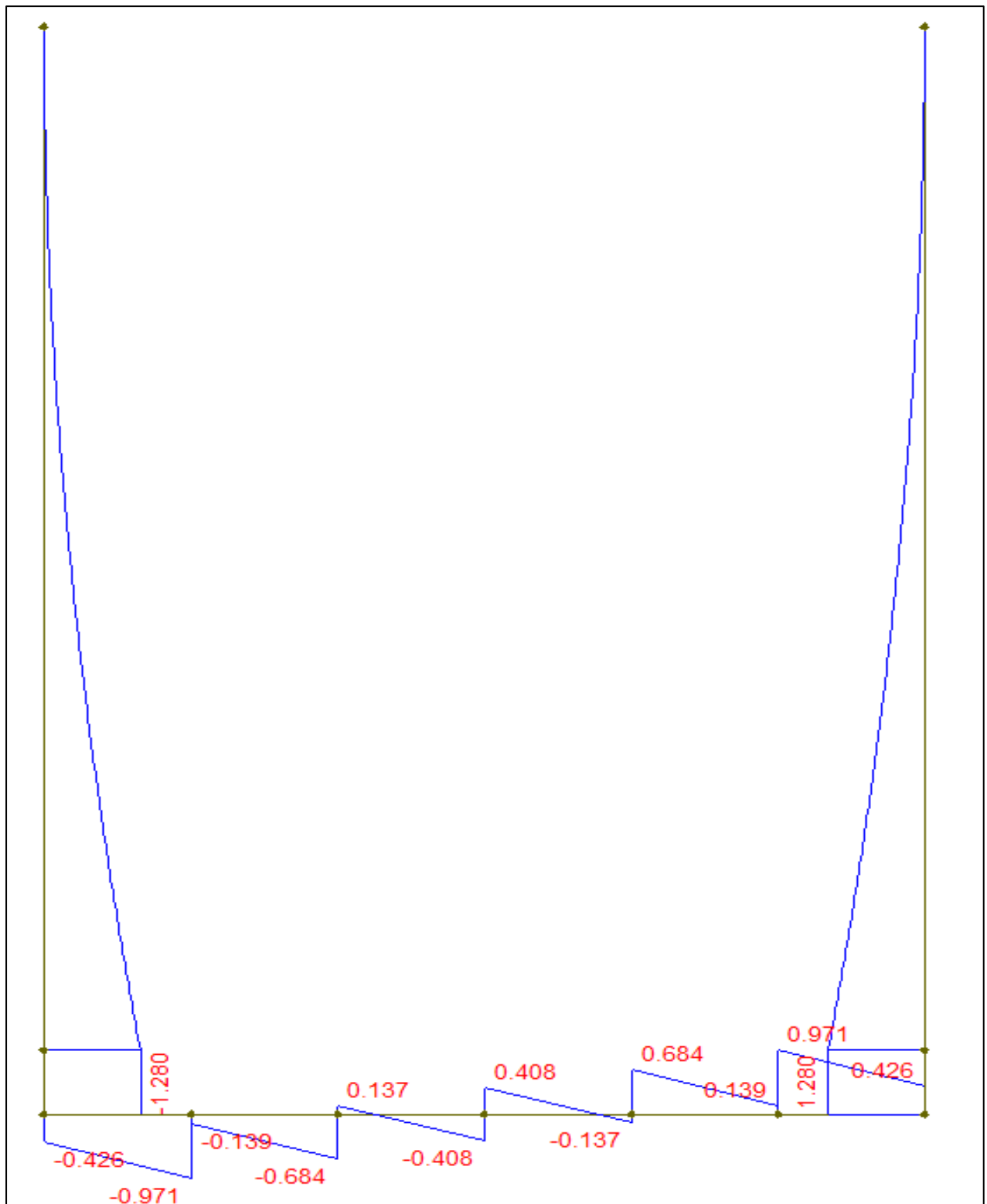
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

Nº DF+

 -
DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

37/20.0236

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAIS DAS OMBREIRAS		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	12,8	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,200	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,150	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	296	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f _{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	A _s / (b _w * d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s * γ _f / (b _w * h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	94,50	kN
V _d	V * γ _f	17,92	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 * α _{v1} * f _{cd} * b _w * d * 0,9	723,21	kN
Vd < VRd2 - OK!			

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

38/20.0236

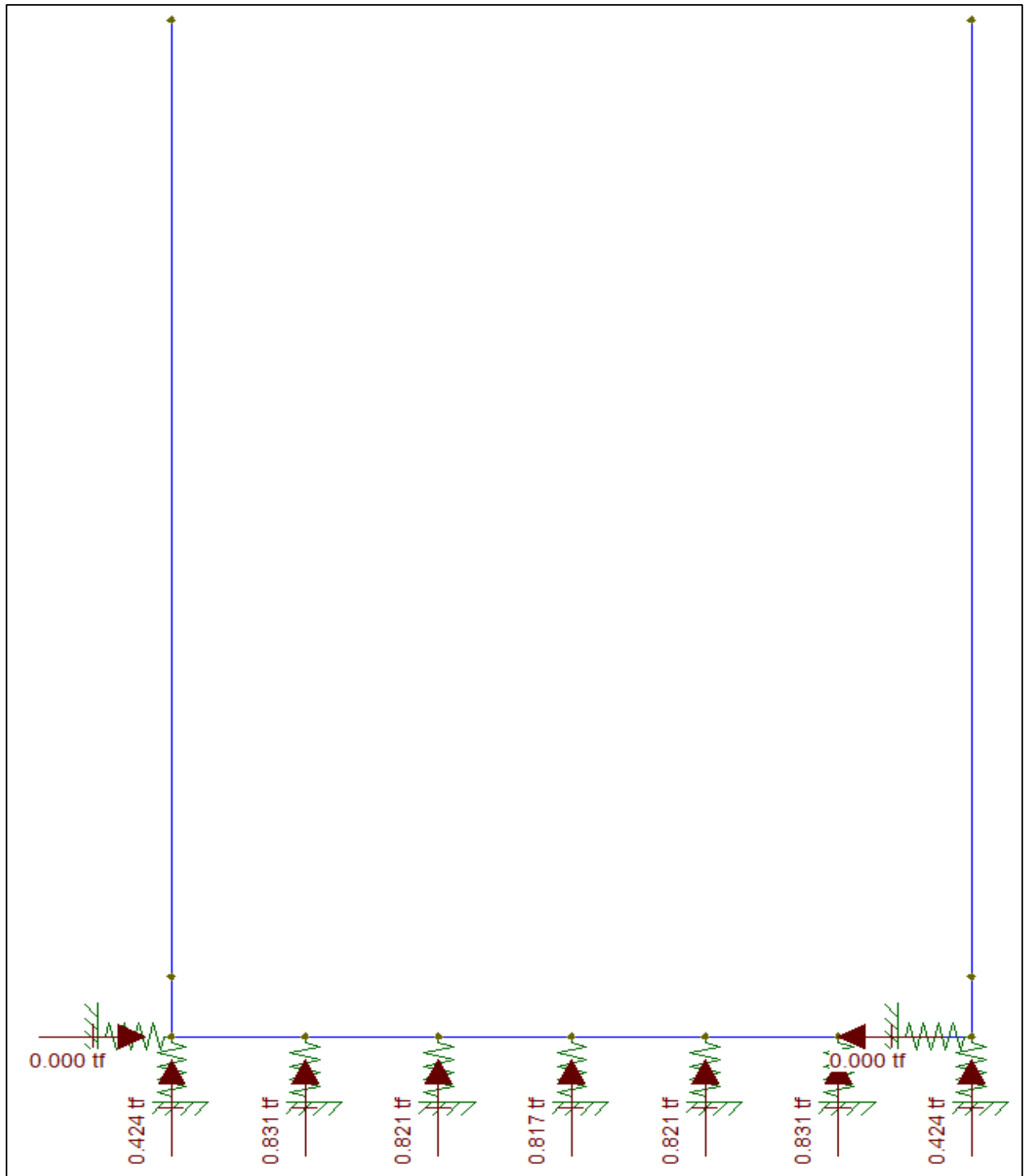
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Reações:



-
-
- Reação máxima = 831 kgf
- Tensão máxima = $831 / (20 \times 100) = 0,416 \text{ kgf/cm}^2$
-

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

39/20.0236

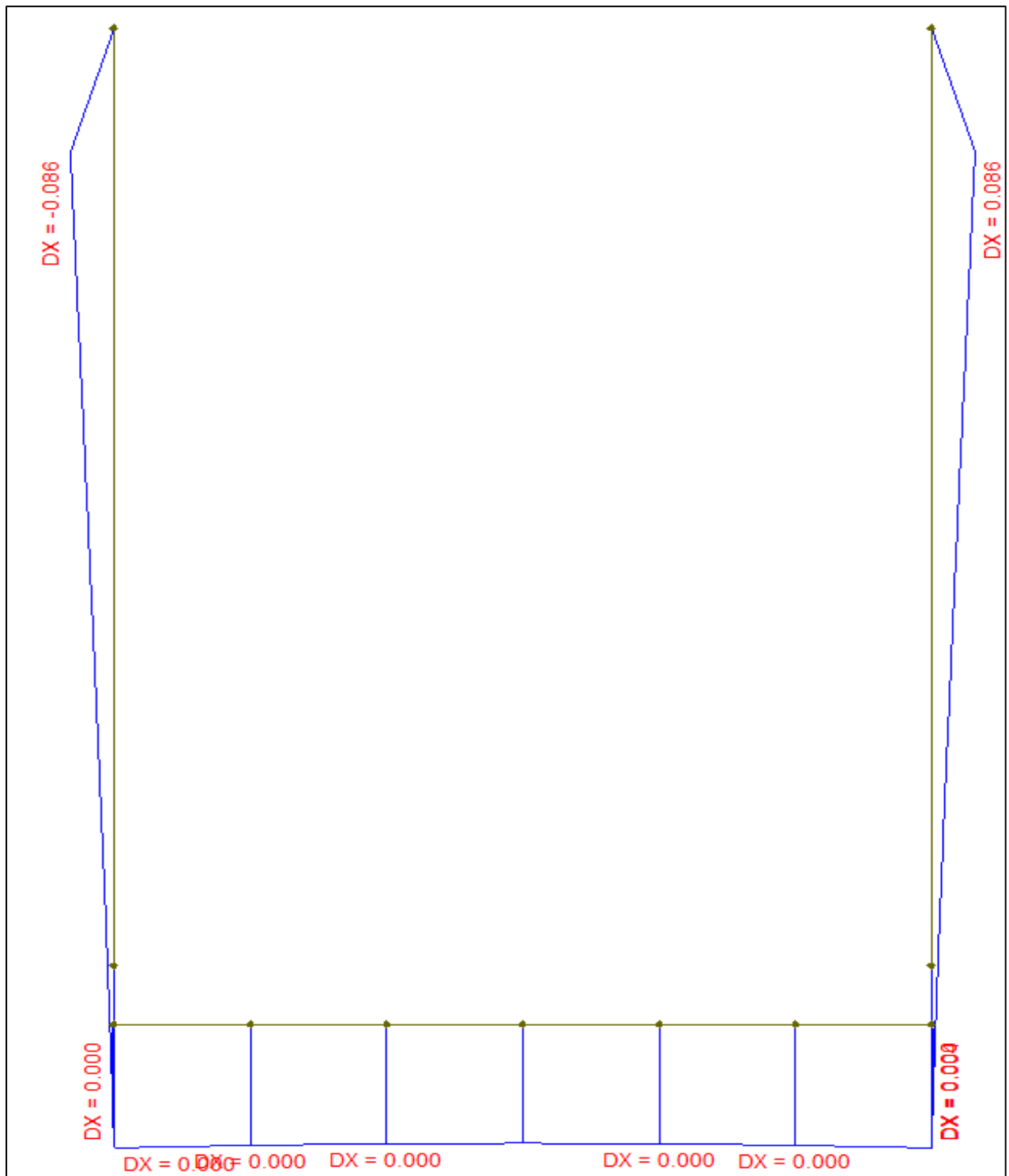
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Deformações:



- Deformação máxima horizontal = 0,09 cm
- Deformação horizontal limite = $170/150 = 1,13$ cm

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

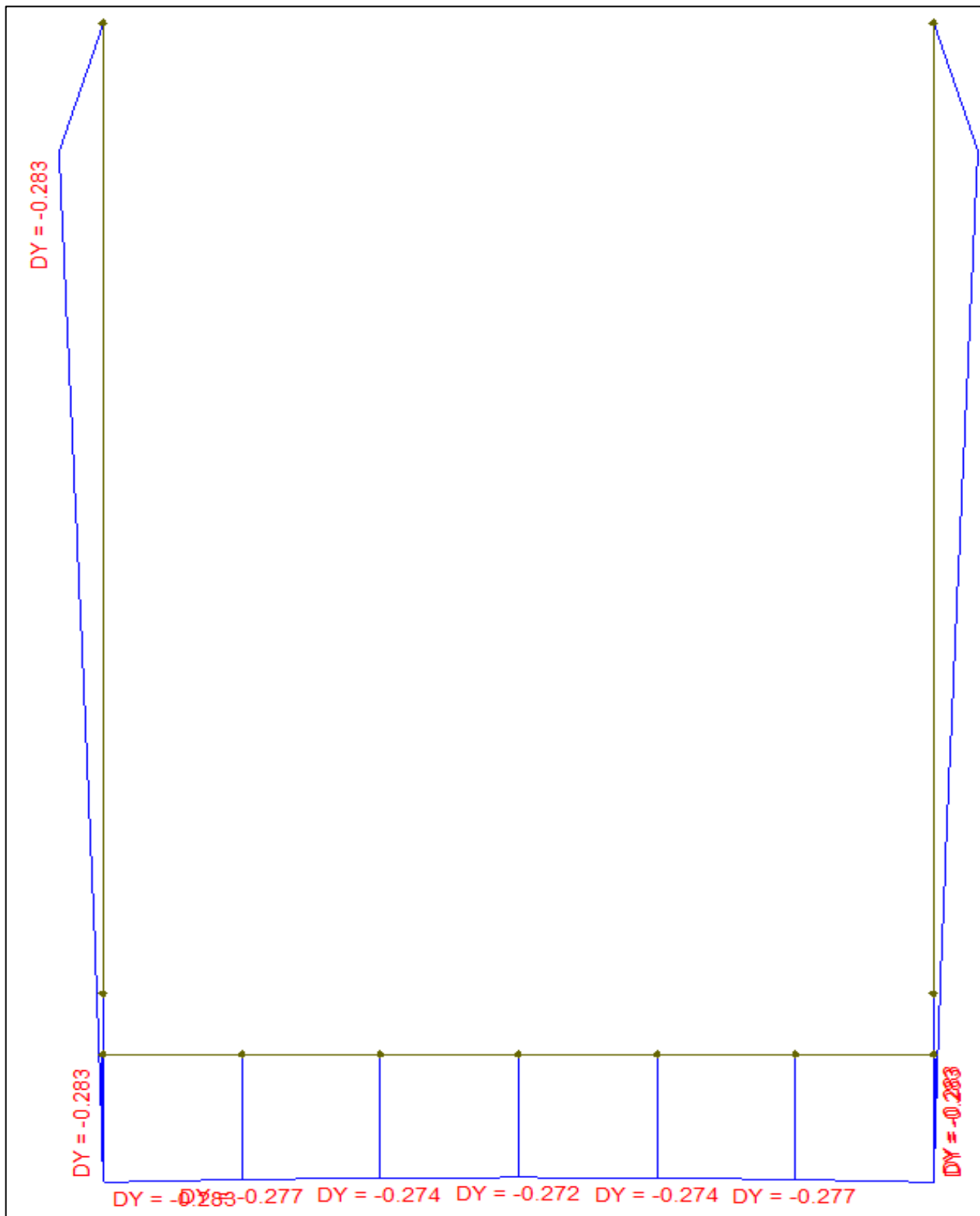
40/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

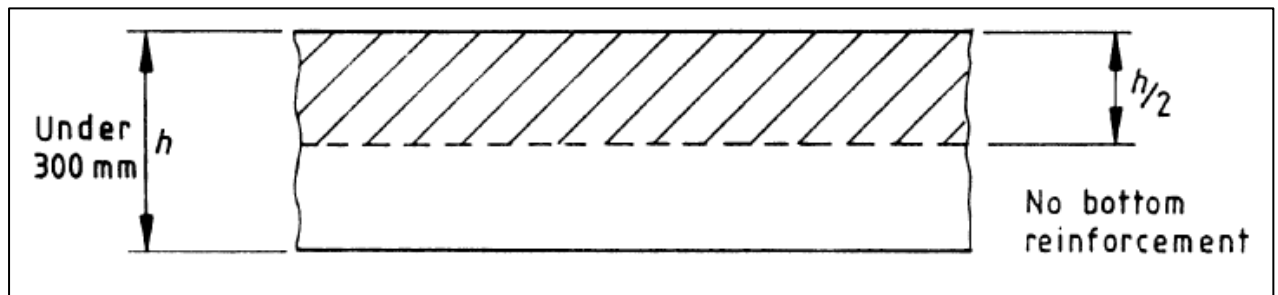


-
- Deformação máxima vertical = 0,283 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 41/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

7.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} < h \rightarrow h_{\text{sup}}=h/2$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para $h = 20\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}= 20/2 = 10\text{cm}$

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

- $A_s = k k_{\text{cfct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$
- $A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (10 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 4000 \text{ kgf/cm}^2 =$
- $A_s = 4,8 \text{ cm}^2 - \varnothing 8 \text{ c}/10$
-

7.5 RESUMO:

- Parede e fundo com espessura de 20 cm
- Armadura transversal da parede e laje de fundo: $\varnothing 8 \text{ c}/10$
- Armadura longitudinal da parede e laje de fundo: $\varnothing 8 \text{ c}/10$
-

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 42/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

7.6 VERIFICAÇÃO DO DESLIZAMENTO AO LONGO DO CANAL:

- Coesão do solo em contato com a laje de fundo (c): 0,5 ton/m²
- Fator de redução da parcela referente à coesão: 0,5
- Ângulo de atrito solo x concreto: 20°
-

$$FS = \frac{F_1 + F_2}{P_2} \geq 1,5$$

$$FS = \frac{P_1 \times \text{tg}(20) + A \times c \times 0,7}{P_2} \geq 1,5$$

$$F_1 = P_1 \times \text{tg}(20)$$

$$F_2 = A \times c \times 0,7$$

P = peso próprio

P₁ = carga normal ao plano

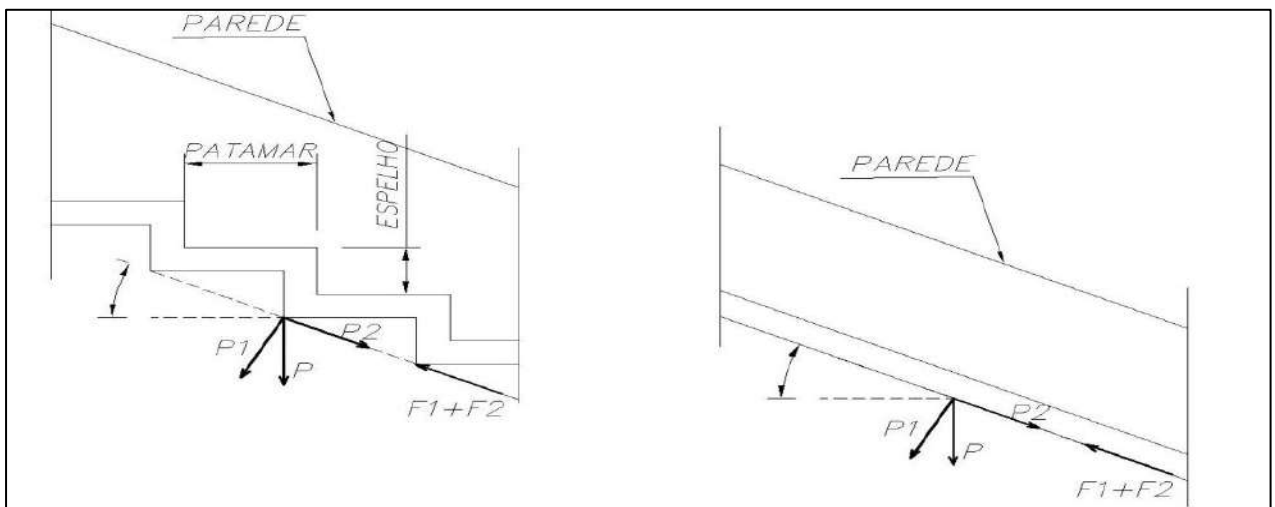
P₂ = força de deslizamento

φ = ângulo de atrito interno = 30°

A = área de contato com o solo

c = coesão do solo

Abaixo está indicado o equilíbrio das forças, bem como cálculo do fator de segurança para o deslizamento. Onde o fator de segurança ficou abaixo de 1,5 adotou-se as vigas de ancoragem.



$\gamma_{\text{conc}} =$	2,5	ton/m ³		
$\gamma_{\text{solo}} =$	1,7	ton/m ³		
Kp =	3,00			
FS =	1,5			
			c =	5 coesão KPa
			φ =	30 ângulo de talude natural

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

43/20.0236

REV.

0

- OMBREIRA DIREITA 1 – OD 01

TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m ²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)		Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m ² /m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
1	DEGRAU	16,7%	9,5	0,5	1,4	1,01	1,01	1,01	50	300,0	20	0,23	3,34	3,30	0,55	1,20	0,49	3,1
2	DEGRAU	23,8%	13,4	0,5	1,4	1,03	1,03	1,03	50	210,0	20	0,25	3,42	3,33	0,79	1,21	0,49	2,1
3	DEGRAU	16,7%	9,5	0,5	1,4	1,01	1,01	1,01	50	300,0	20	0,23	3,34	3,30	0,55	1,20	0,49	3,1
4	LISO	8,9%	5,1	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20	-	2,70	2,69	0,24	0,98	0,49	6,1
5	DEGRAU	27,8%	15,5	0,5	1,4	1,04	1,04	1,04	50	180,0	20	0,26	3,47	3,34	0,93	1,22	0,49	1,8
6	LISO	6,0%	3,4	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20	-	2,70	2,70	0,16	0,98	0,49	9,1
7	LISO	1,5%	0,9	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20	-	2,70	2,70	0,04	0,98	0,49	35,9
8	DEGRAU	21,3%	12,0	0,5	1,4	1,02	1,02	1,02	50	235,0	20	0,24	3,39	3,32	0,71	1,21	0,49	2,4
9	LISO	0,0%	0,0	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20	-	2,70	2,70	0,00	0,98	0,49	-

- OMBREIRA DIREITA 2 – OD 02

TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m ²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)		Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m ² /m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
1	DEGRAU	29,7%	16,6	0,5	1,4	1,04	1,04	1,04	50	185,0	20	0,25	3,46	3,32	0,99	1,21	0,49	1,7
2	DEGRAU	27,0%	15,1	0,5	1,4	1,04	1,04	1,04	50	185,0	20	0,25	3,46	3,34	0,90	1,22	0,49	1,9
3	DEGRAU	35,7%	19,7	0,5	1,4	1,06	1,06	1,06	50	140,0	20	0,27	3,57	3,37	1,20	1,22	0,49	1,4
4	LISO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20	-	2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	53,4
5	DEGRAU	31,3%	17,4	0,5	1,4	1,05	1,05	1,05	50	160,0	20	0,26	3,51	3,35	1,05	1,22	0,49	1,6
6	DEGRAU	17,5%	10,0	0,5	1,4	1,02	1,02	1,02	50	285,0	20	0,24	3,35	3,30	0,58	1,20	0,49	2,9
7	LISO	1,5%	0,9	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20	-	2,70	2,70	0,04	0,98	0,49	36,2
8	DEGRAU	16,4%	9,3	0,5	1,4	1,01	1,01	1,01	50	305,0	20	0,23	3,34	3,30	0,54	1,20	0,49	3,1
9	DEGRAU	21,3%	12,0	0,5	1,4	1,02	1,02	1,02	50	235,0	20	0,24	3,39	3,32	0,71	1,21	0,49	2,4
10	LISO	4,0%	2,3	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20	-	2,70	2,70	0,11	0,98	0,49	13,7
11	LISO	1,3%	0,7	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20	-	2,70	2,70	0,04	0,98	0,49	41,8
12	LISO	10,0%	5,7	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20	-	2,70	2,69	0,27	0,98	0,49	5,5
13	LISO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20	-	2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	52,6
14	LISO	0,0%	0,0	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20	-	2,70	2,70	0,00	0,98	0,49	-

TRECHO	TIPO	Inclinação	FS	Esforço de deslizamento Ancoragem (ton)	ANCORAGENS	ALTURA Dentes (cm)**	Empuxo Passivo (ton)	Número de dentes a cada 3 degraus (DEVERÁ SER MENOR QUE 1)*	QUANTIDADE DE ANCORAGEM	ALTURA Dentes - FINAL (cm)**	M, ANCORAGEM (EPASSIVO) (ton.m) ***
1	DEGRAU	29,7%	1,7	-1,2		50			-	50	
2	DEGRAU	27,0%	1,9	-2,0		50			-		
3	DEGRAU	35,7%	1,4	0,4	ANCORAR	50	0,89	0,41	4	50	0,2125
4	LISO	1,0%	53,4	-2,9		50			-		
5	DEGRAU	31,3%	1,6	-0,7		50			-	50	
6	DEGRAU	17,5%	2,9	-7,0		50			-		
7	LISO	1,5%	36,2	-2,8		50			-		
8	DEGRAU	16,4%	3,1	-8,0		50			-		
9	DEGRAU	21,3%	2,4	-4,5		50			-		
10	LISO	4,0%	13,7	-2,6		50			-		
11	LISO	1,3%	41,8	-2,8		50			-		
12	LISO	10,0%	5,5	-2,1		50			-		
13	LISO	1,0%	52,6	-2,9		50			-		
14	LISO	0,0%	-	-2,9		50			-		

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC	PÁGINA
		-	44/20.0236
		Nº DF+	REV.
		DF19-263-1-CV-MEC-0003	0

ARMAÇÃO DAS VIGAS DE ANCORAGENS (h=50 cm)

Verificação da resistência da seção quanto à aplicação do esforço de deslizamento:

De acordo com o FIB 2007, a força de ruptura da armação pode ser calculada considerando a seguinte equação:

$$F_p = c_1 \times \sigma^2 \times \sqrt{f_{yd} \times f_{cd}} \leq A_s \times f_{yd} / \sqrt{3}$$

Onde, para uma barra:

c1 = coeficiente para consideração do efeito de compressão tri-axial (1,3)

$$F_p = 1,3 \times 0,80^2 \times \sqrt{43,5 \times 2,14} = 8,03 \text{ kN}$$

$$F_{plim} = 0,503 \times \frac{43,5}{\sqrt{3}} = 12,63 \text{ kN}$$

$$F_p \leq F_{plim} \rightarrow ok!$$

Para o maior valor do esforço de deslizamento (TRECHO 3 - OD-02) na ancoragem teremos:

$$P_{2d} = 1,40 \times 0,4 = 0,56 \text{ tf} = 5,6 \text{ kN}$$

Como a armação adotada é 14 ø8 c/10, a força resistente à ruptura é igual a:

$$F_p = 14 \times 8,03 \text{ kN} = 112,4 \text{ kN} \geq P_{2d} = 5,6 \text{ kN} \rightarrow ok!$$

Momento na ancoragem devido ao empuxo passivo:

$$M=0,213 \text{ tfm/m}$$

f _{ck} (Mpa)= 30		d' (cm)= 5	Usar A _{s,min} de Norma? s										
w _k = 0,2 mm		Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45													
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgfm)	f _{yk} (KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As _{ribs} (cm²)	W _{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
L1	Horizontal	N	20	15	213	50	0,00	0,46	3,16	0,002	8	15,9	ø 8,0 c/ 15,0

Adotado ø 8 c/10, para espessura da ancoragem de 20cm.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

45/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

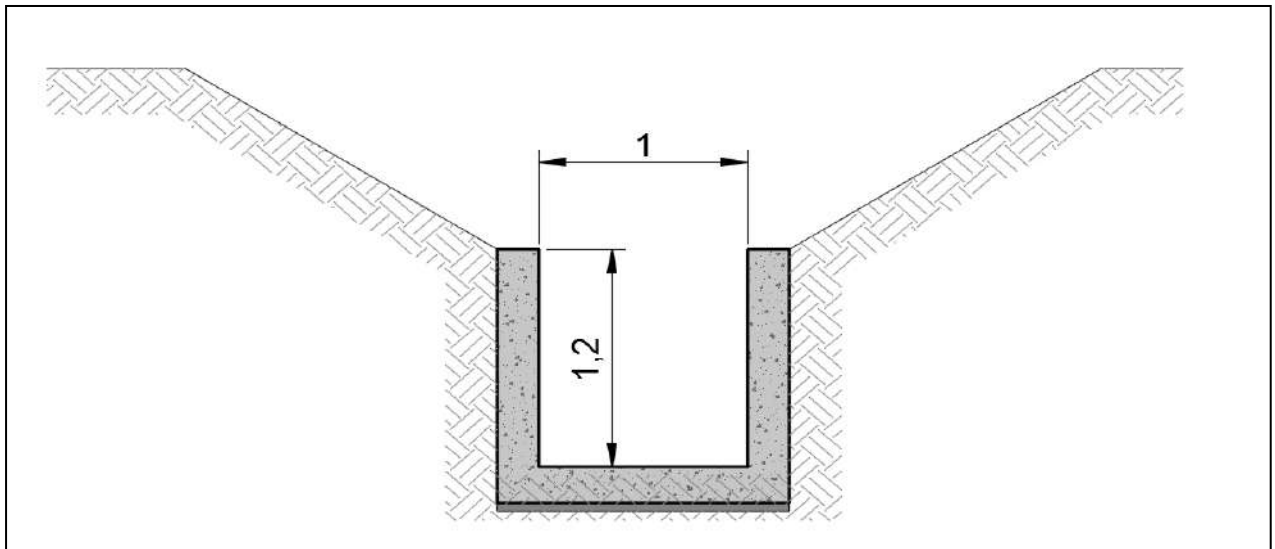
REV.

0

- OMBREIRA ESQUERDA – H=1,0m

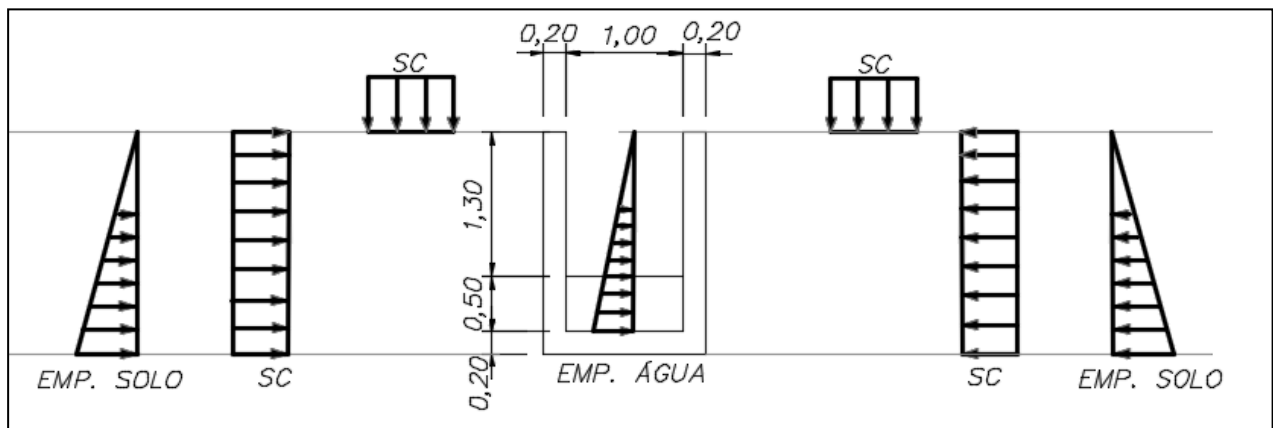
TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m ²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)	Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m ² /m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
1	DEGRAU	17,9%	10,1	0,5	1,4	1,02	1,02	50	280,0	20	0,24	3,36	3,30	0,59	1,20	0,49	2,9
2	LISO	1,5%	0,9	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,04	0,98	0,49	36,2
3	DEGRAU	15,6%	8,9	0,5	1,4	1,01	1,01	50	320,0	20	0,23	3,33	3,29	0,51	1,20	0,49	3,3
4	DEGRAU	12,2%	7,0	0,5	1,4	1,01	1,01	50	410,0	20	0,22	3,30	3,28	0,40	1,19	0,49	4,2
5	LISO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	52,8
6	TRILHO	1,0%	0,5	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	57,3
7	LISO	1,2%	0,7	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	47,0
11	LISO	0,8%	0,4	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,02	0,98	0,49	70,9
12	TRILHO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	53,5
13	DEGRAU	16,1%	9,2	0,5	1,4	1,01	1,01	50	310,0	20	0,23	3,34	3,30	0,53	1,20	0,49	3,2
14	LISO	9,0%	5,1	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,24	0,98	0,49	6,1
15	DEGRAU	15,3%	8,7	0,5	1,4	1,01	1,01	50	327,5	20	0,23	3,33	3,29	0,50	1,20	0,49	3,4
16	LISO	9,0%	5,1	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,24	0,98	0,49	6,1
17	TRILHO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	52,0
18	DEGRAU	15,6%	8,9	0,5	1,4	1,01	1,01	50	320,0	20	0,23	3,33	3,29	0,51	1,20	0,49	3,3
19	LISO	5,0%	2,9	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,13	0,98	0,49	10,9
20	DEGRAU	22,7%	12,8	0,5	1,4	1,03	1,03	50	220,0	20	0,25	3,41	3,33	0,76	1,21	0,49	2,2
21	LISO	7,0%	4,0	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,19	0,98	0,49	7,8
22	LISO	1,7%	1,0	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,05	0,98	0,49	32,5
23	TRILHO	2,1%	1,2	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,06	0,98	0,49	26,3
24	LISO	1,9%	1,1	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,05	0,98	0,49	28,4
25	DEGRAU	14,3%	8,1	0,5	1,4	1,01	1,01	50	350,0	20	0,23	3,32	3,29	0,47	1,20	0,49	3,6
26	TRILHO	2,1%	1,2	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,06	0,98	0,49	26,0
27	LISO	2,0%	1,1	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,05	0,98	0,49	27,6
28	DEGRAU	13,5%	7,7	0,5	1,4	1,01	1,01	50	370,0	20	0,23	3,31	3,28	0,44	1,19	0,49	3,8
29	LISO	6,4%	3,7	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,17	0,98	0,49	8,5
30	DEGRAU	13,6%	7,7	0,5	1,4	1,01	1,01	50	370,0	20	0,23	3,31	3,28	0,44	1,19	0,49	3,8
31	TRILHO	8,1%	4,6	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,22	0,98	0,49	6,8
32	LISO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	55,2
33	LISO	0,0%	0,0	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,00	0,98	0,49	-

8.0 DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS DA OMBREIRA ESQUERDA H=1,20M



8.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
-



-
-
- Empuxo do Solo = $\gamma \times h \times K_a = 1,7 \times 1,90 \times 0,750 = 2,423 \text{ tf/m}^2$
- Sobrecarga = $sc \times K_a = 1,0 \times 0,750 = 0,750 \text{ tf/m}^2$
- Empuxo da Água = $\gamma \times h = 1,0 \times 1,80 = 1,80 \text{ tf/m}^2$
- Peso próprio das paredes = $2,5 \times 0,20 \times 1,90 = 0,95 \text{ tf/m}$
- Peso próprio da laje de fundo = $2,5 \times 0,45 = 1,125 \text{ tf/m}^2$
-
- Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 47/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

-

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

-

-

- Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15MPa/m$.

-

Para a distância entre nós de 20 cm temos:

$$1500tf/m^3 \times 0,20m \times 1,0m = 300 tf/m$$

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

48/20.0236

Nº DF+

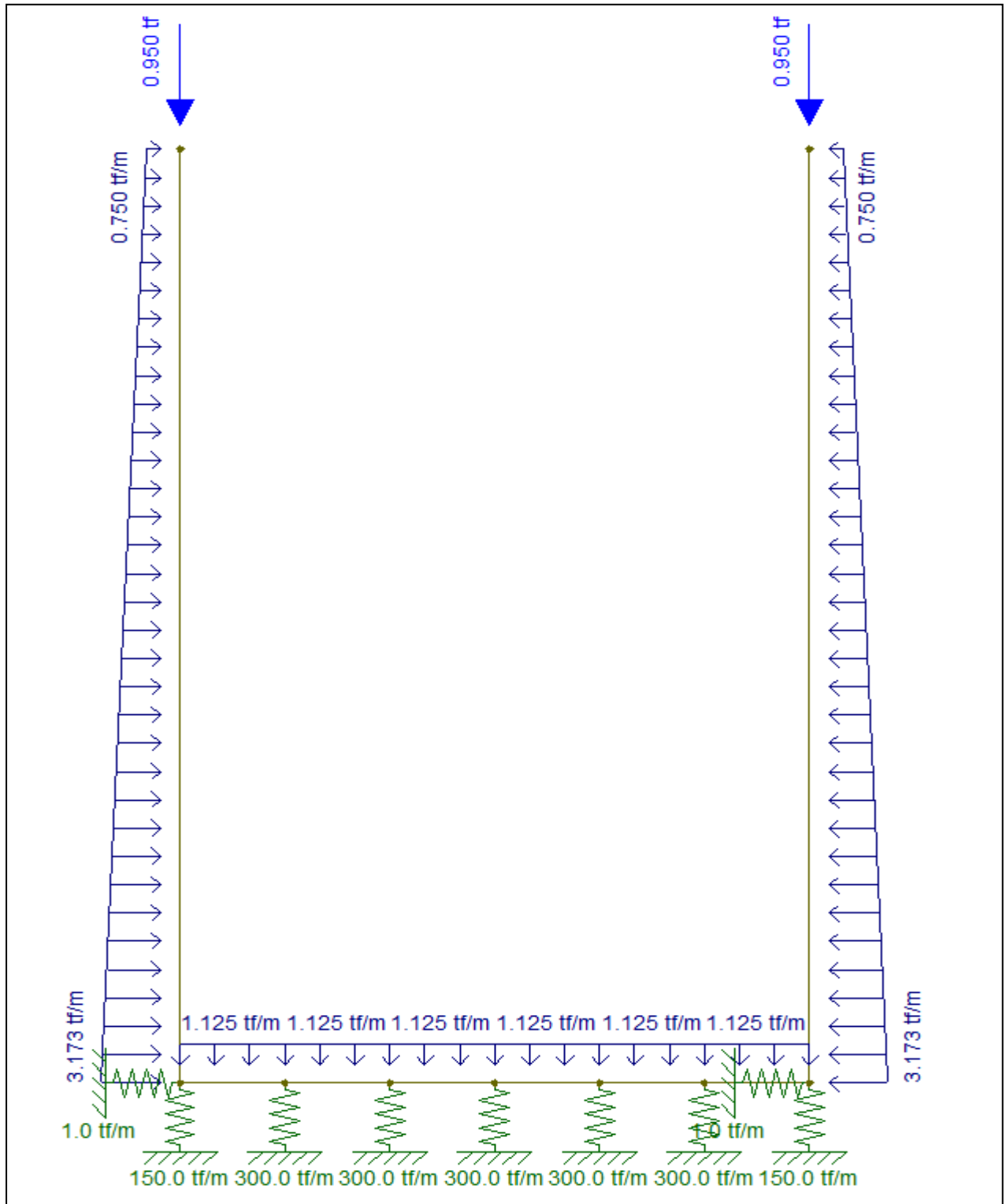
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

8.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

49/20.0236

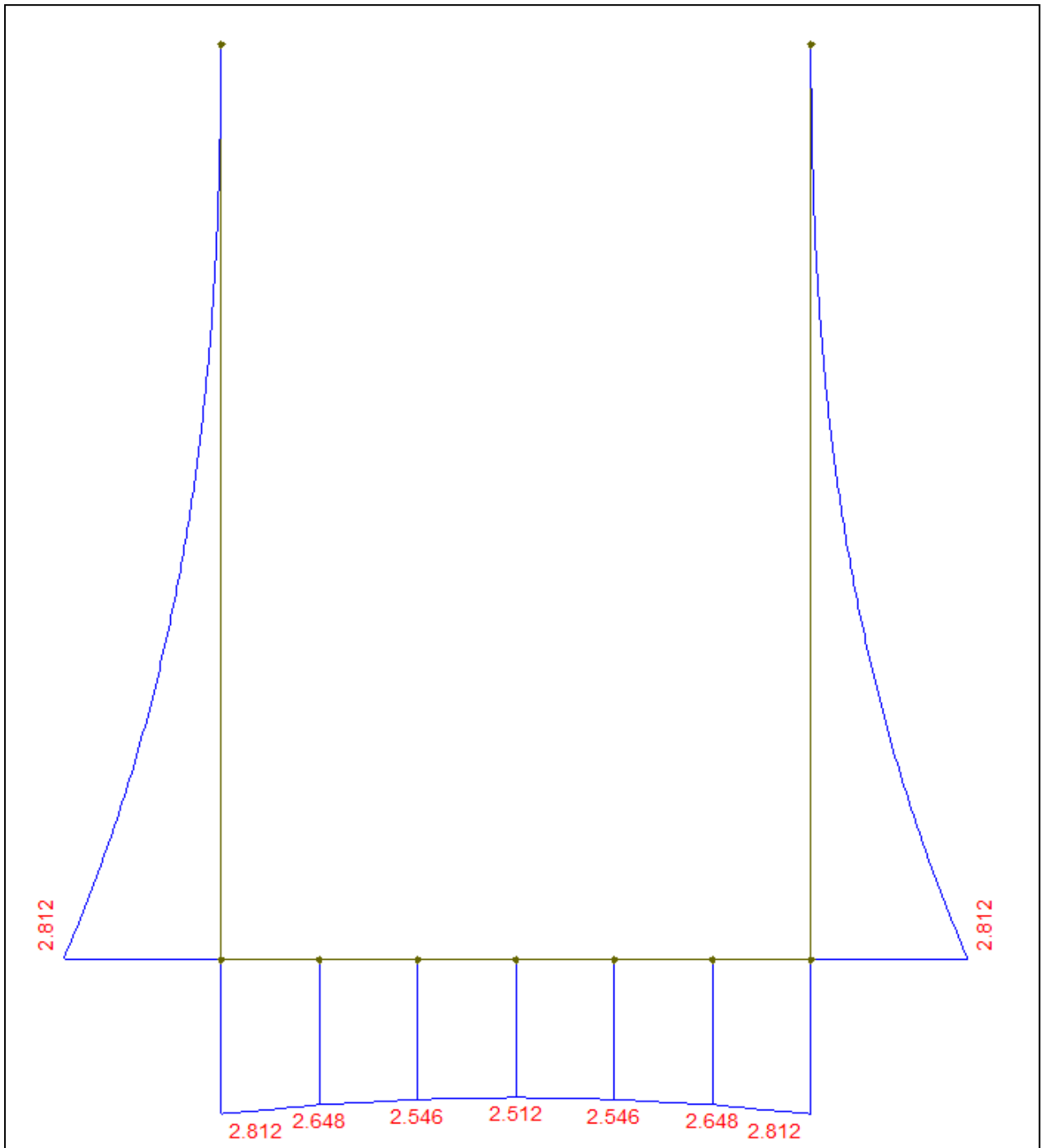
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor



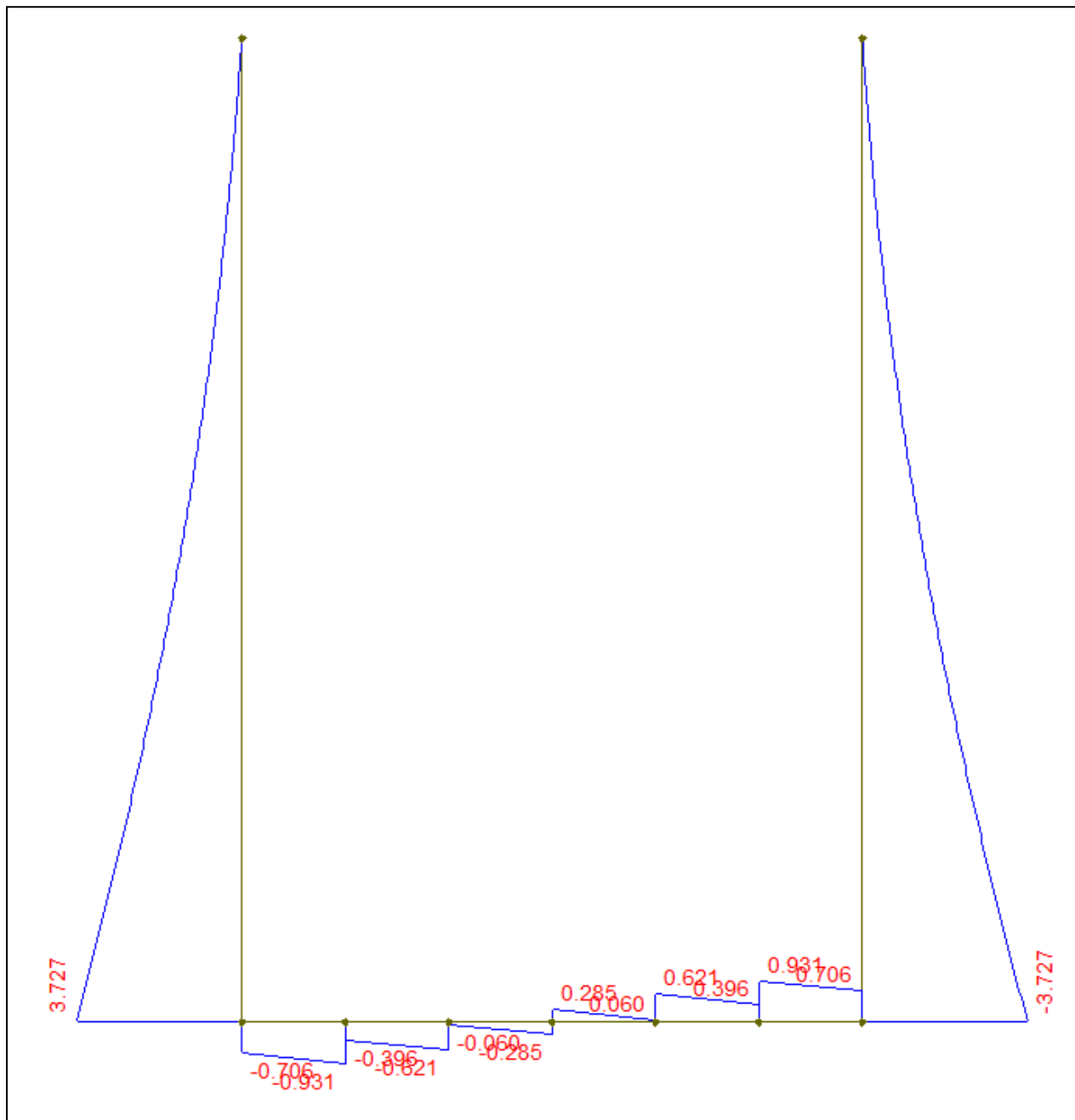
f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	2812	50	0,00	6,36	6,36	0,137	10	12,4	ϕ 10,0 c/ 12,0

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC
-
Nº DF+
DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA
50/20.0236
REV.
0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

51/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento

Descrição Geral:	OE		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	37,3	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,200	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,150	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	296	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	A _s / (b _w · d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s + γ _f / (b _w · h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	94,50	kN
V _d	V · γ _f	52,22	kN
Não é necessário armar: V_d < V_{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 + α _{v1} · f _{cd} · b _w · d + 0,9	723,21	kN
V_d < V_{Rd2} - OK!			

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

52/20.0236

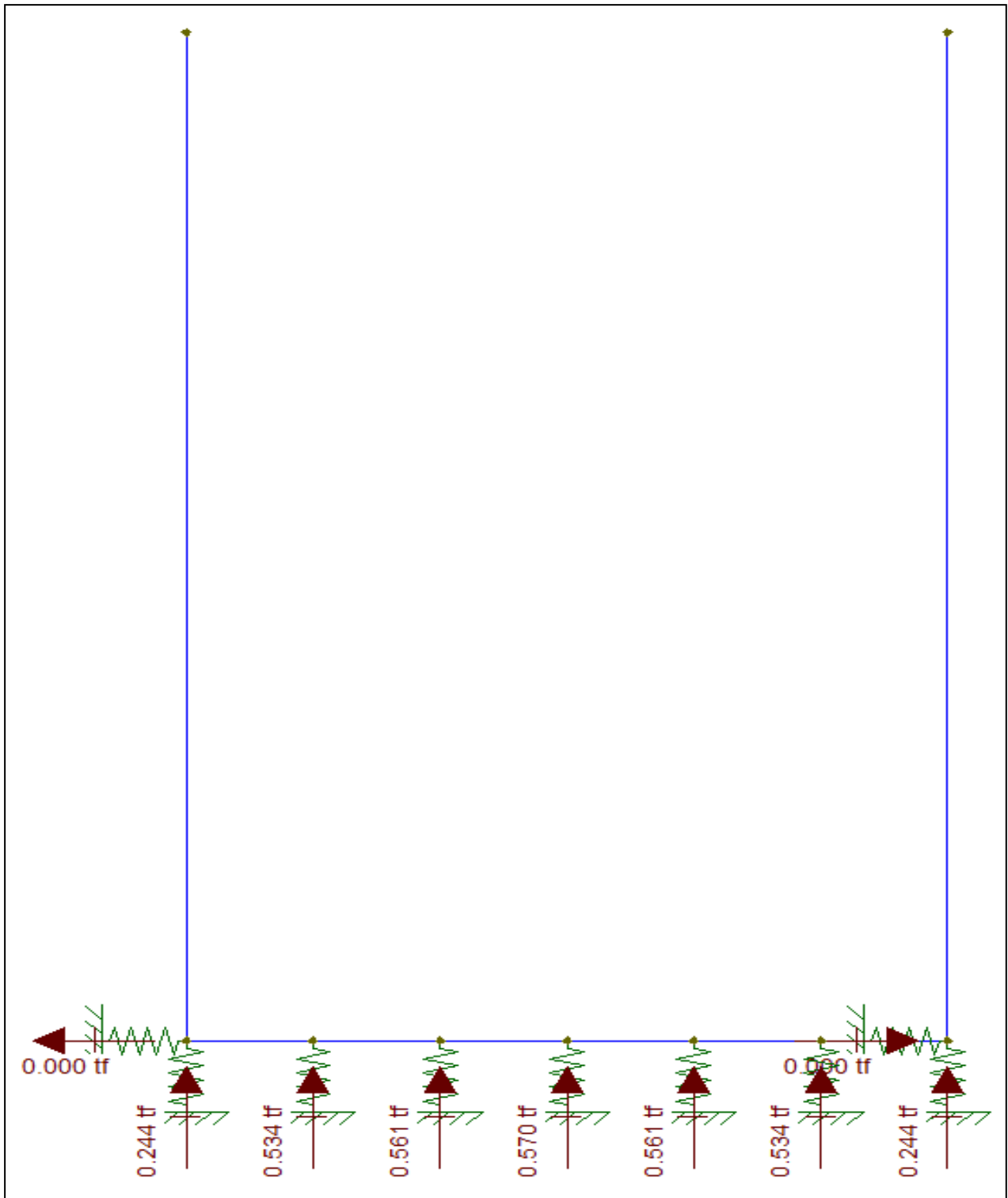
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Reações:



-
-
- Reação máxima = 570 kgf
- Tensão máxima = $570 / (20 \times 100) = 0,285 \text{ kgf/cm}^2$

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

53/20.0236

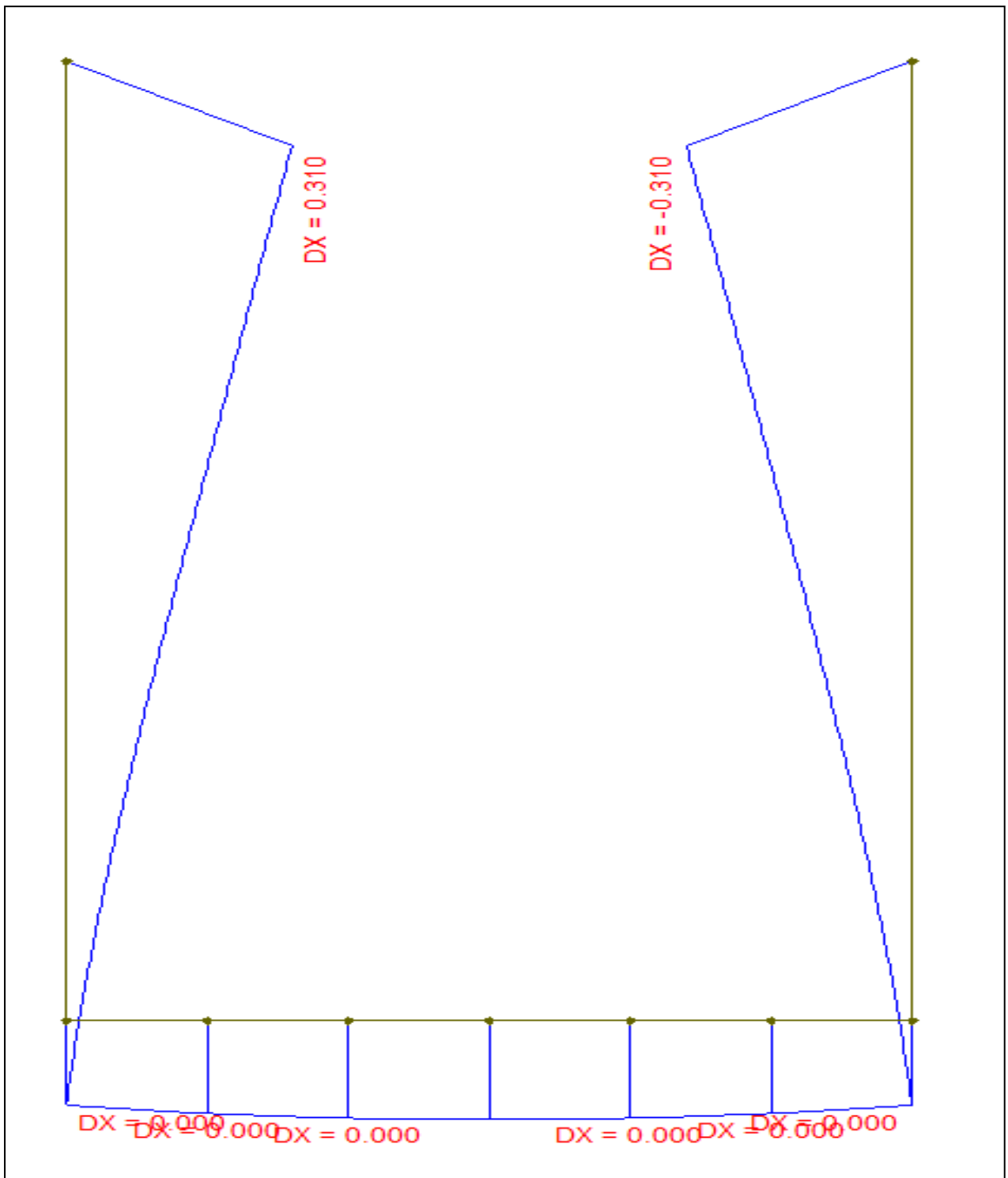
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Deformações:



- Deformação máxima horizontal = 0,31 cm
- Deformação horizontal limite = $190/150 = 1,27$ cm
-

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

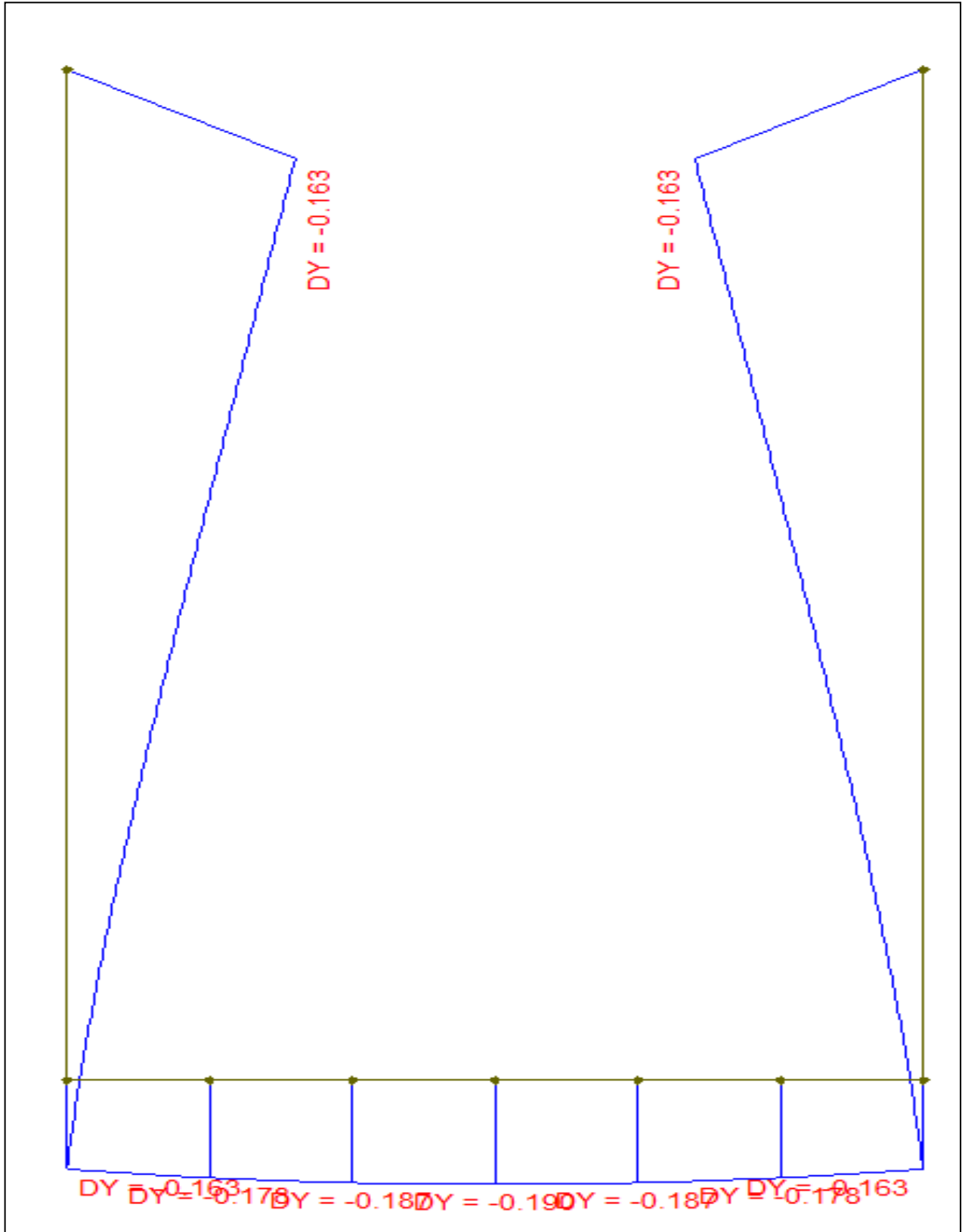
54/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



-
- Deformação máxima vertical = 0,190 cm

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

55/20.0236

Nº DF+

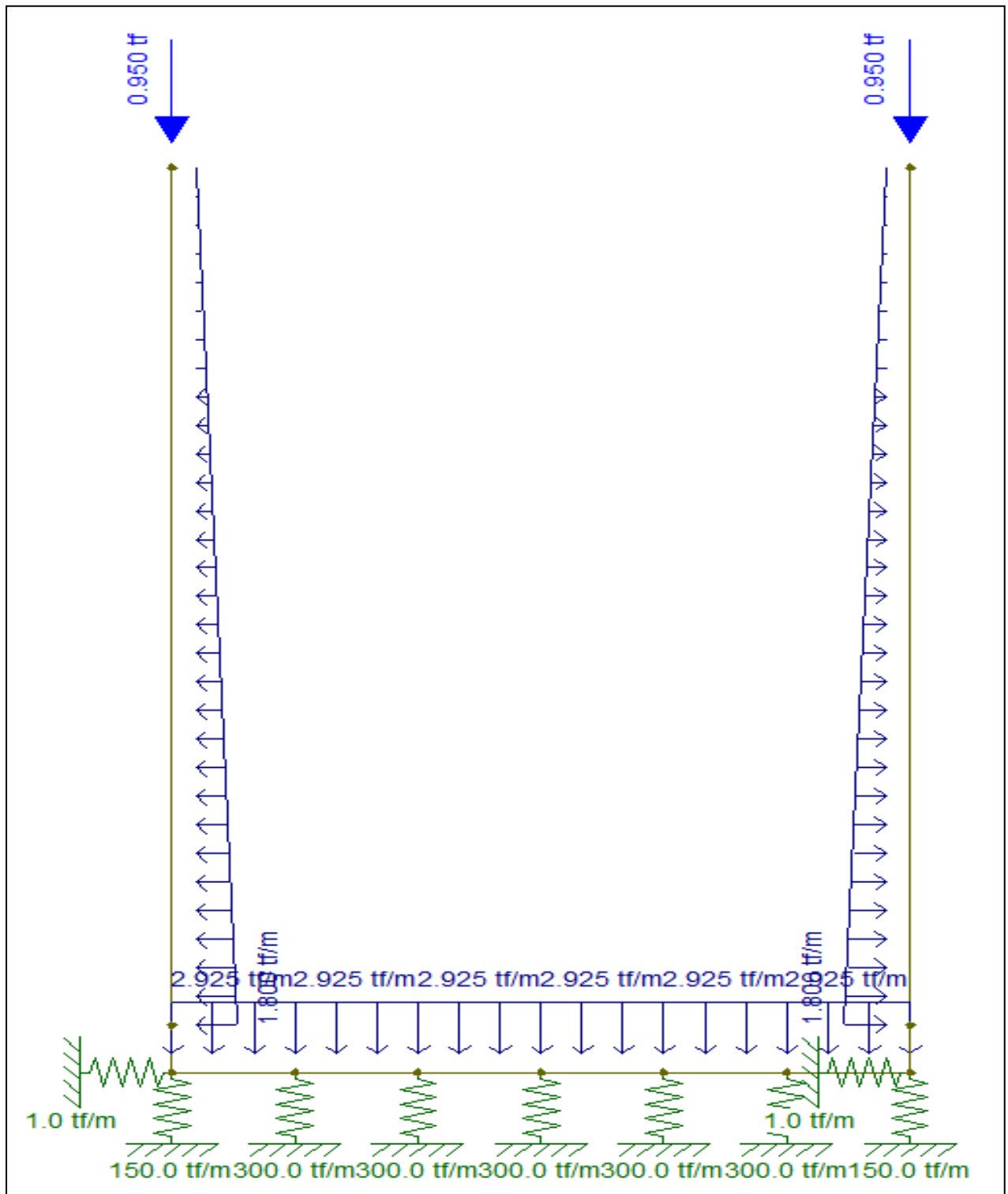
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

8.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

56/20.0236

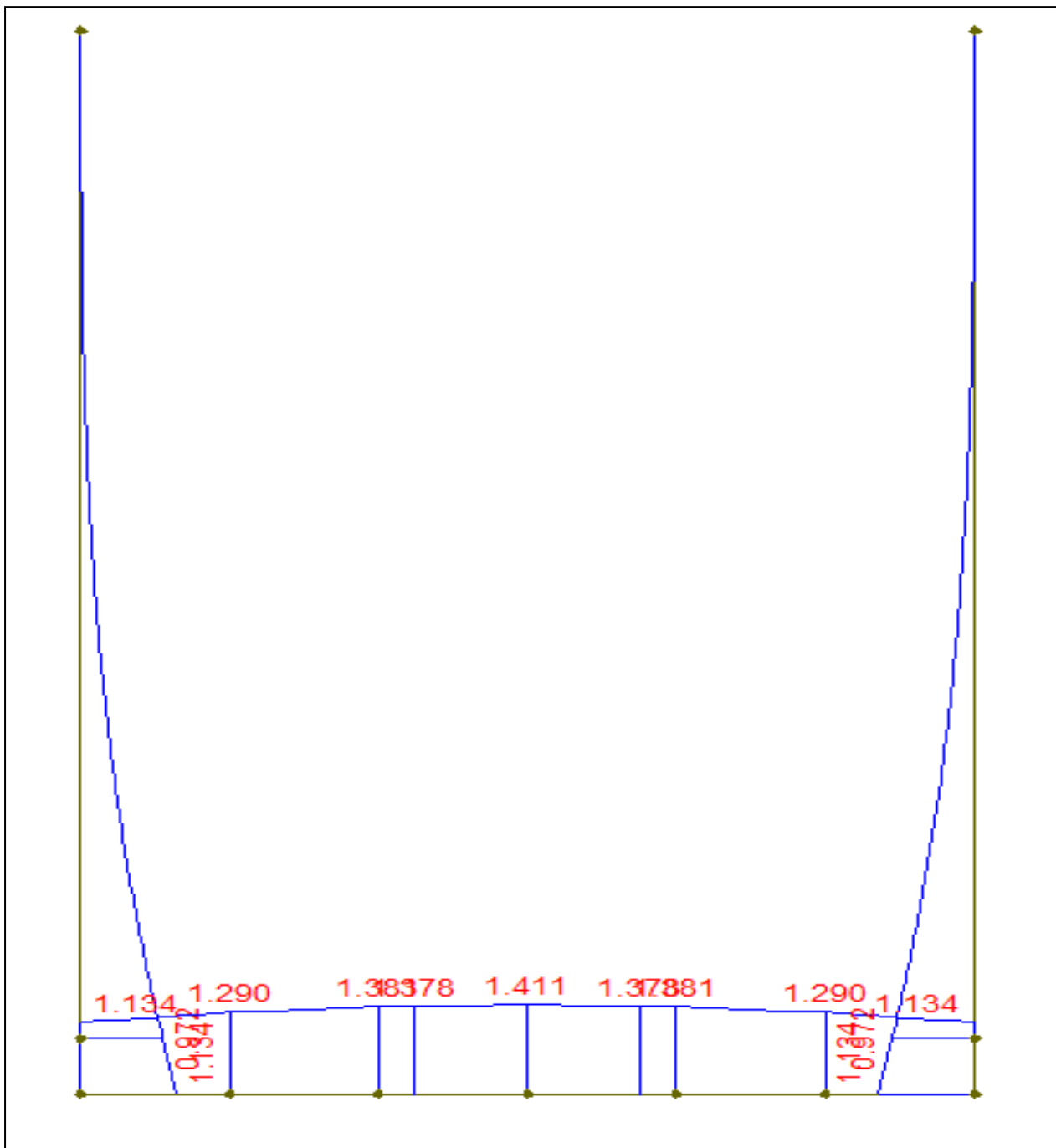
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf·m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	1411	50	0,00	3,11	3,16	0,106	10	24,9	ϕ 10,0 c/ 20,0

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

57/20.0236

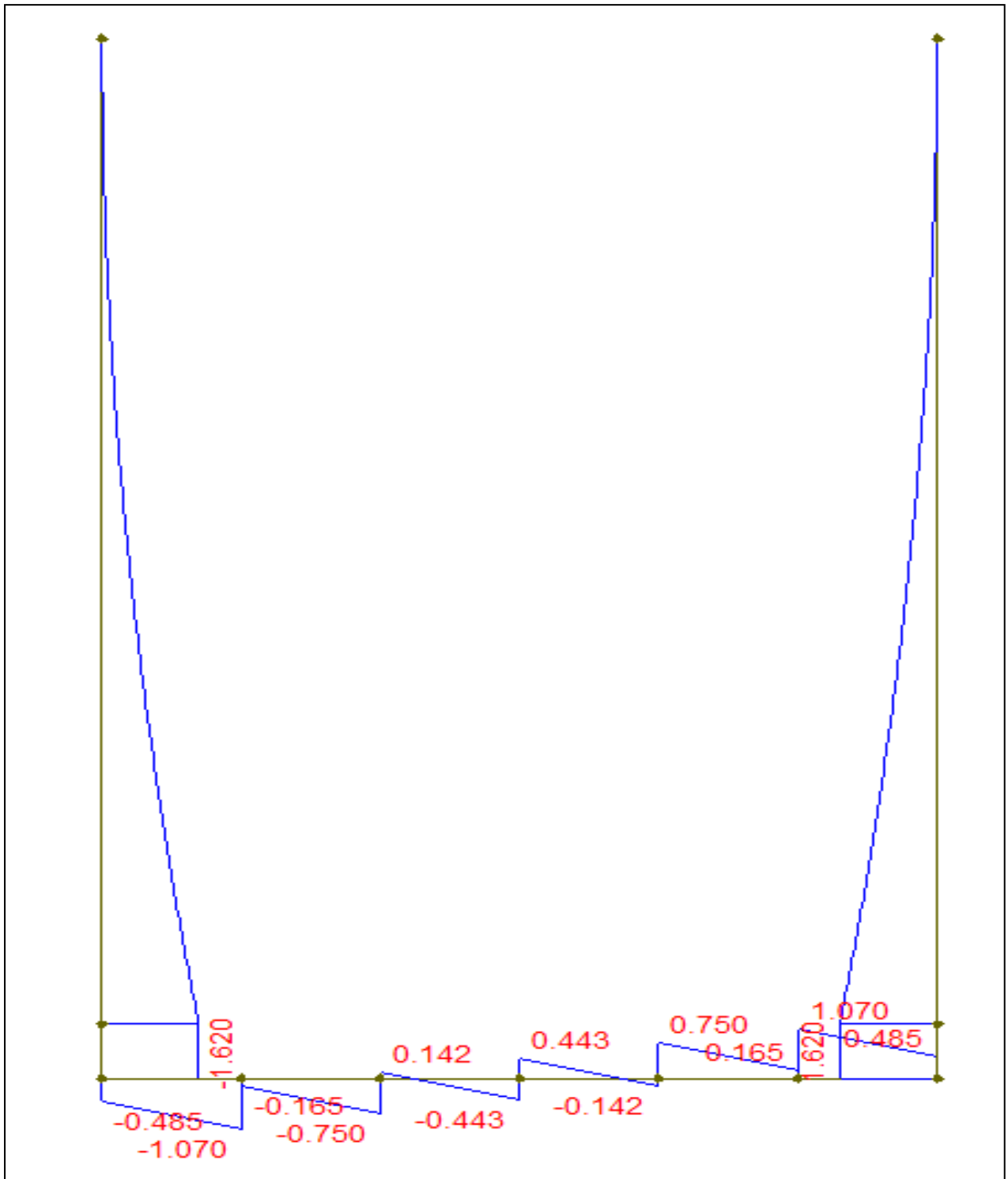
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

58/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento

Descrição Geral:	OE		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	16,2	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,200	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,150	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	296	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	A _s / (b _w · d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s + γ _f / (b _w · h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	94,50	kN
V _d	V · γ _f	22,68	kN
Não é necessário armar: V_d < V_{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 + α _{v1} · f _{cd} · b _w · d · 0,9	723,21	kN
V_d < V_{Rd2} - OK!			

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

59/20.0236

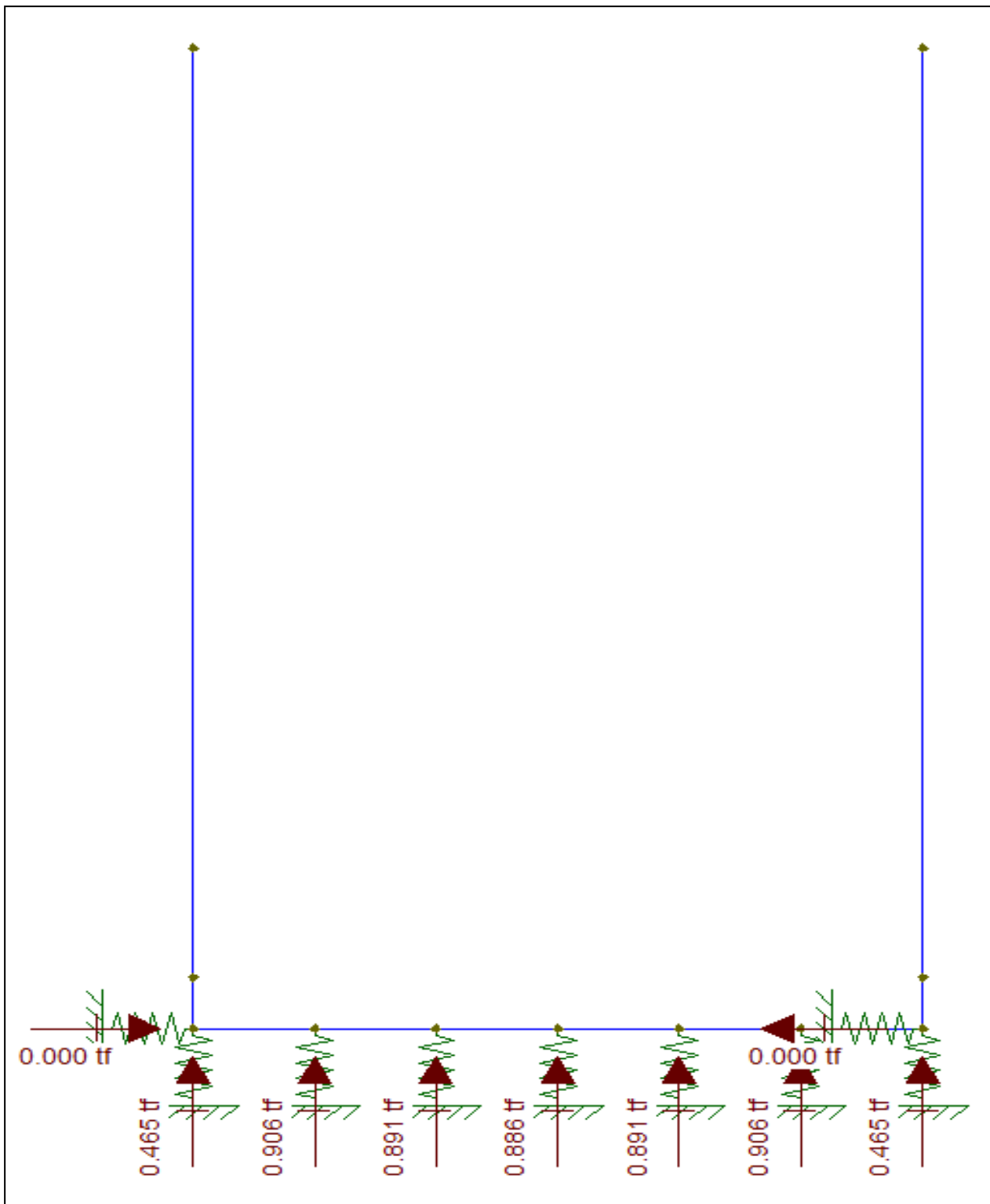
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Reações:



-
-
- Reação máxima = 906 kgf

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

60/20.0236

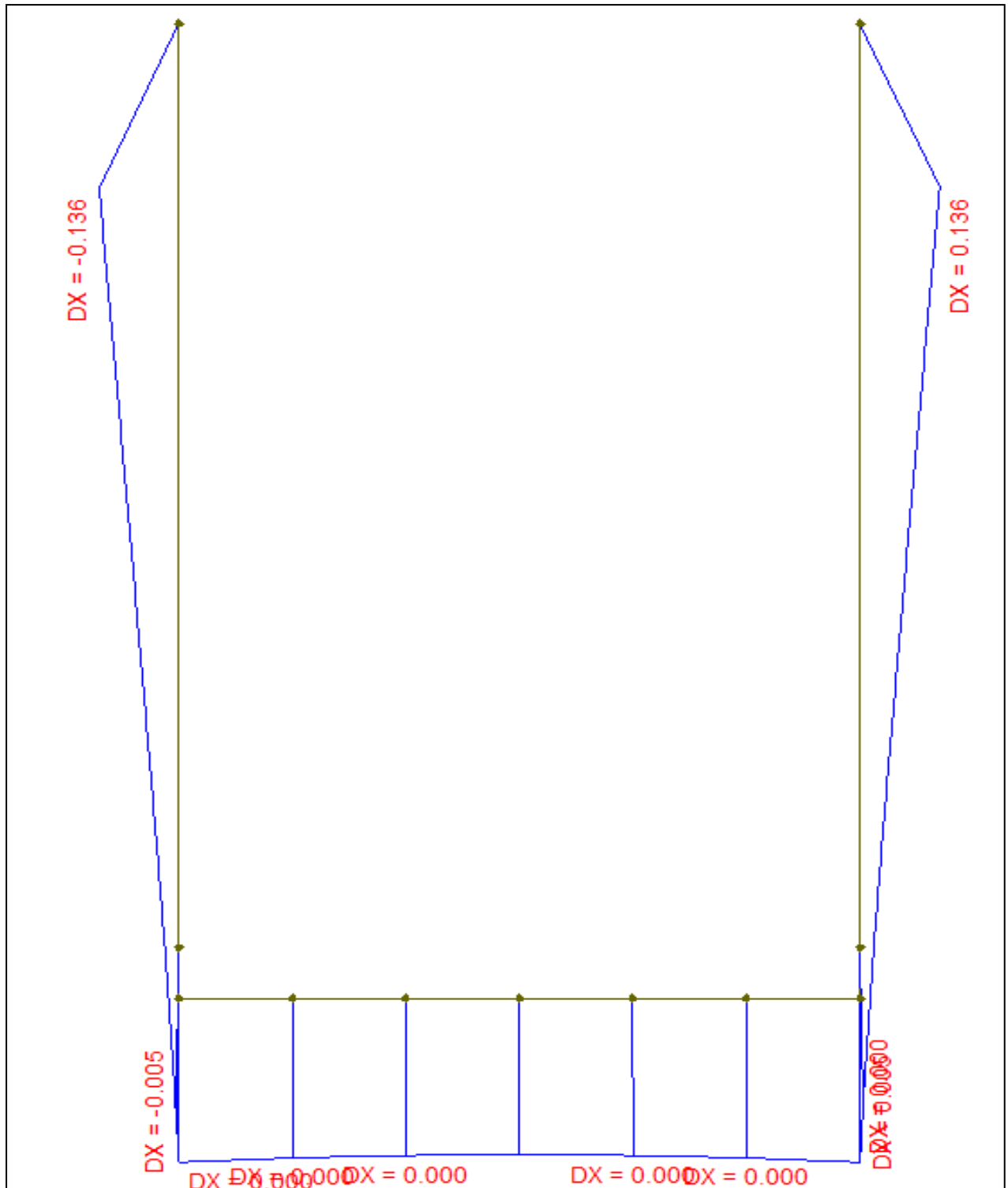
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Tensão máxima = $906 / (20 \times 100) = 0,453 \text{ kgf/cm}^2$
- Deformações:



- Deformação máxima horizontal = 0,136 cm

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

61/20.0236

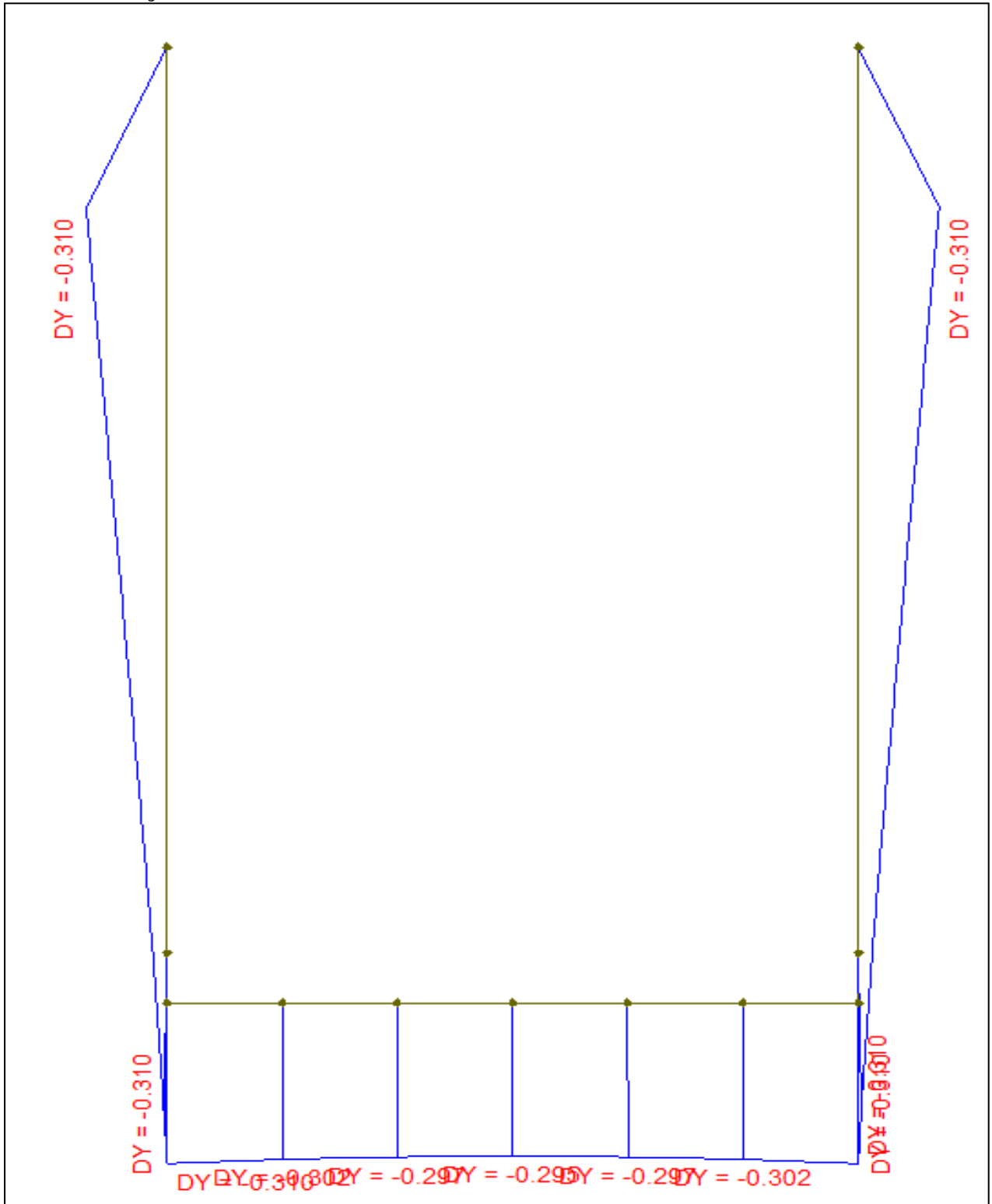
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Deformação horizontal limite = $190/150 = 1,27$ cm

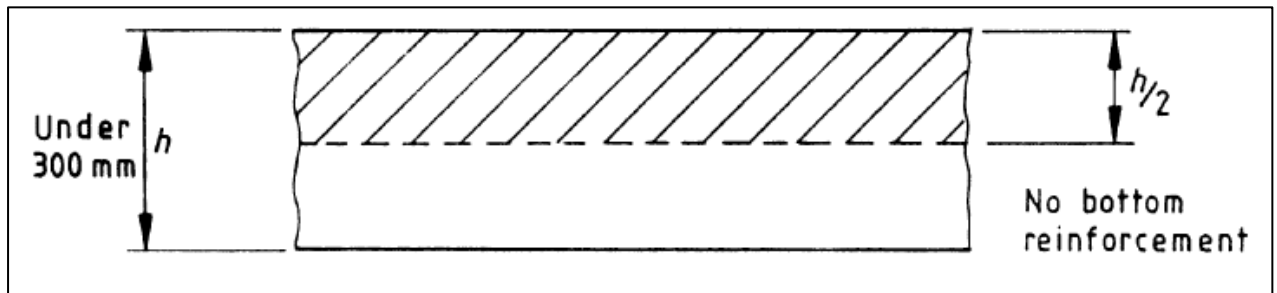


-
- Deformação máxima vertical = 0,310 cm
-

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 62/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

8.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} < h \rightarrow h_{\text{sup}} = h/2$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para $h = 20\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}} = 20/2 = 10\text{cm}$

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

- $A_s = k k_{\text{fct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$
- $A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (10 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 4000 \text{ kgf/cm}^2 =$
- $A_s = 4,8 \text{ cm}^2 - \varnothing 8 \text{ c}/10$
- $A_s = k k_{\text{fct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$
- $A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (10 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3600 \text{ kgf/cm}^2 =$
- $A_s = 5,33 \text{ cm}^2 - \varnothing 10 \text{ c}/14$

8.5 RESUMO:

- Parede e fundo com espessura de 20 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: $\varnothing 10 \text{ c}/10$
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: $\varnothing 8 \text{ c}/10$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 63/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

8.6 VERIFICAÇÃO DO DESLIZAMENTO AO LONGO DO CANAL:

- Coesão do solo em contato com a laje de fundo (c): 0,5 ton/m²
- Fator de redução da parcela referente à coesão: 0,5
- Ângulo de atrito solo x concreto: 20°
-

$$FS = \frac{F_1 + F_2}{P_2} \geq 1,5$$

$$FS = \frac{P_1 \times \text{tg}(20) + A \times c \times 0,7}{P_2} \geq 1,5$$

$$F_1 = P_1 \times \text{tg}(20)$$

$$F_2 = A \times c \times 0,7$$

P = peso próprio

P₁ = carga normal ao plano

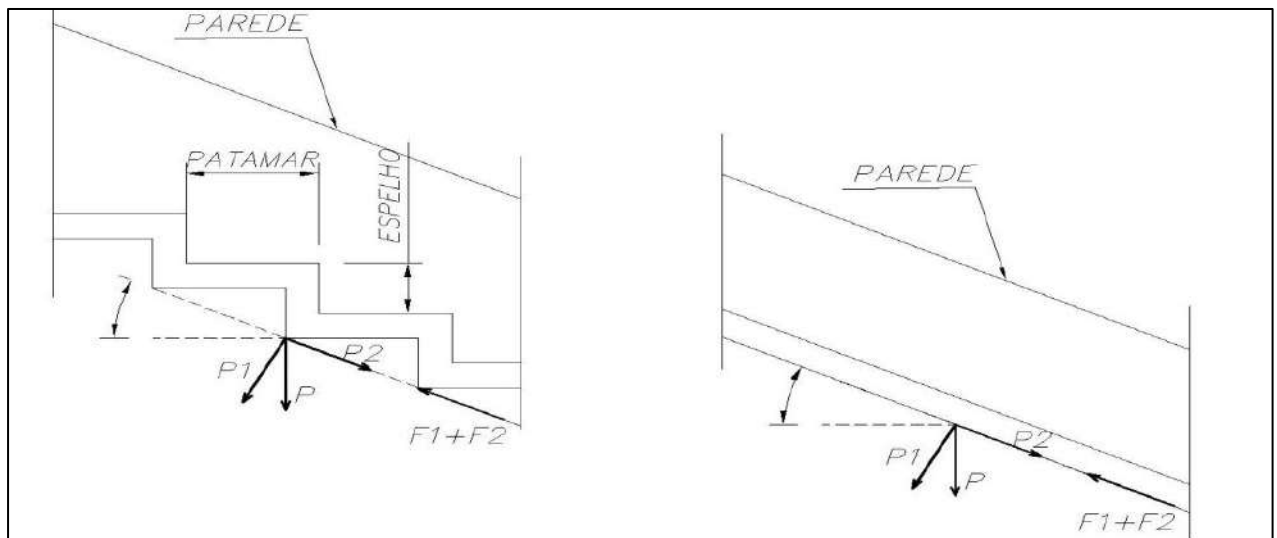
P₂ = força de deslizamento

φ = ângulo de atrito interno = 30°

A = área de contato com o solo

c = coesão do solo

Abaixo está indicado o equilíbrio das forças, bem como cálculo do fator de segurança para o deslizamento. Onde o fator de segurança ficou abaixo de 1,5 adotou-se as vigas de ancoragem.



$\gamma_{\text{conc}} =$	2,5	ton/m ³		
$\gamma_{\text{solo}} =$	1,7	ton/m ³	c =	5 coesão KPa
Kp =	3,00		φ =	30 ângulo de talude natural
FS =	1,5			

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
		PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC - Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003

- OMBREIRA ESQUERDA H=1,20

TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m ²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)	Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m ² /m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
8	DEGRAU	41,7%	22,6	0,5	1,4	1,30	1,30	50	120,0	20	0,28	4,09	3,78	1,57	1,37	0,49	1,2
9	DEGRAU	13,2%	7,5	0,5	1,4	1,21	1,21	50	380,0	20	0,23	3,71	3,68	0,48	1,34	0,49	3,8
10	DEGRAU	19,2%	10,9	0,5	1,4	1,22	1,22	50	260,0	20	0,24	3,78	3,71	0,71	1,35	0,49	2,6

TRECHO	TIPO	Inclinação	FS	Esforço de deslizamento Ancoragem (ton)	ANCORAGENS	ALTURA Dentes (cm)**	Empuxo Passivo (ton)	Número de dentes a cada 3 degraus (DEVERÁ SER MENOR QUE 1)*	QUANTIDADE DE ANCORAGEM	ALTURA Dentes - FINAL (cm)**	M. ANCORAGEM (EPASSIVO) (ton.m) ---
8	DEGRAU	41,7%	1,2	1,8	ANCORAR	75	1,85	0,96	4	75	0,662
9	DEGRAU	13,2%	3,8	-12,6		75			-		
10	DEGRAU	19,2%	2,6	-6,0		75			-		

ARMAÇÃO DAS VIGAS DE ANCORAGENS (h=75 cm)

Verificação da resistência da seção quanto à aplicação do esforço de deslizamento:

De acordo com o FIB 2007, a força de ruptura da armação pode ser calculada considerando a seguinte equação:

$$F_p = c_1 \times \sigma^2 \times \sqrt{f_{yd} \times f_{cd}} \leq A_s \times f_{yd} / \sqrt{3}$$

Onde, para uma barra:

c1 = coeficiente para consideração do efeito de compressão tri-axial (1,3)

$$F_p = 1,3 \times 0,80^2 \times \sqrt{43,5 \times 2,14} = 8,03 \text{ kN}$$

$$F_{plim} = 0,503 \times \frac{43,5}{\sqrt{3}} = 12,63 \text{ kN}$$

$$F_p \leq F_{plim} \rightarrow ok!$$

Para o maior valor do esforço de deslizamento (TRECHO 8- OE) na ancoragem teremos:

$$P_{2d} = 1,40 \times 1,8 = 2,52 \text{ tf} = 25,2 \text{ kN}$$

Como a armação adotada é 14 ø8 c/10, a força resistente à ruptura é igual a:

$$F_p = 14 \times 8,03 \text{ kN} = 112,42 \text{ kN} \geq P_{2d} = 25,2 \text{ kN} \rightarrow ok!$$

Momento na ancoragem devido ao empuxo passivo:

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 65/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

M=0,662 tfm/m

•

f_{ck} (Mpa)= 30		d' (cm)= 5		Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s									
w_k = 0,2 mm		Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45													
LAJE	Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgfm)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
L1	Horizontal	N	20	15	662	50	0,00	1,44	3,16	0,023	8	15,9	ϕ 8,0 c/ 15,0

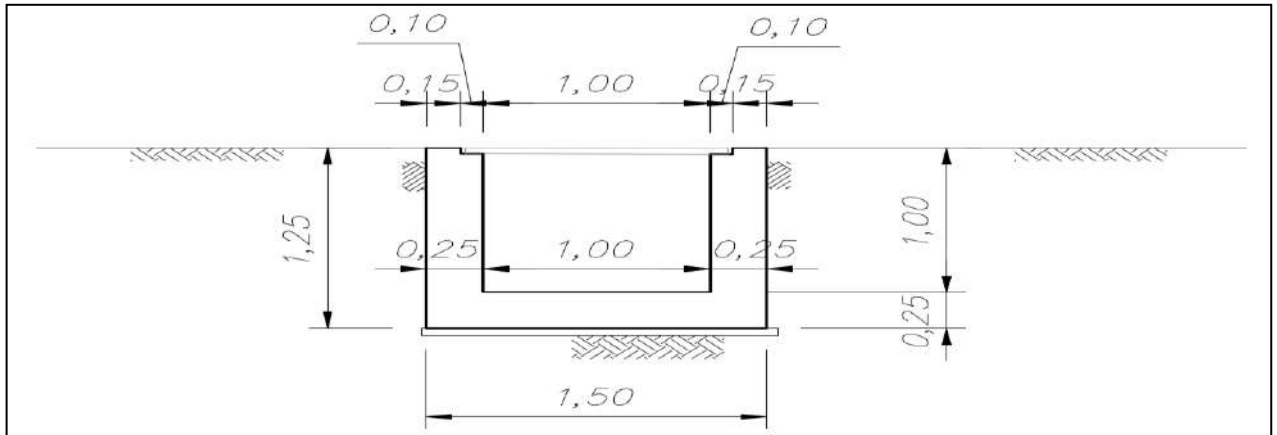
•

•

Adotado ϕ 8 c/10, para espessura da ancoragem de 20cm.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
		Nº MOSAIC -	PÁGINA 66/20.0236
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

9.0 DIMENSIONAMENTO DA OMBREIRA ESQUERDA - TRECHO COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS - H=1,00



Será considerado passagem de veículo categoria II da NBR 6120:

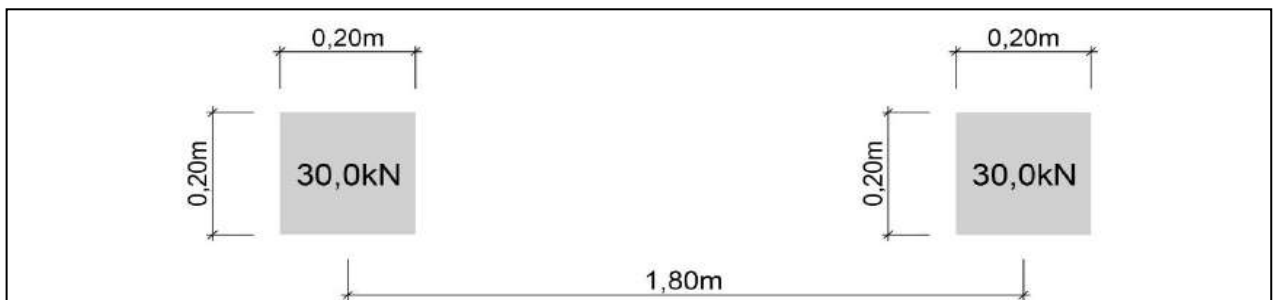


Figura 6.2 – Eixo-tipo simples para verificação de cargas concentradas – Categoria II

Tabela 6.4 – Ações em garagens e demais áreas de circulação de veículos

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Categoria	PBT (kN)	Carga uniformemente distribuída (kN/m ²)	Altura máx. (m)	Cargas concentradas Q _k (kN)	Força horizontal F _x (kN) ^e	Força horizontal F _y (kN) ^e	Altura H de aplicação das forças F _x e F _y (m) ^e
I ^a	≤ 30	3	2,3	12 ^b	100	50	0,5
II ^f	≤ 90	5	2,6	60 (Fig. 6.2)	180	90	0,5
III	≤ 160	7	3,0	100 (Fig. 6.3)	240	120	1,0
IV	> 160	10	> 3,0	170 (Fig. 6.4) 255 (Fig. 6.5)	320	160	1,0
V ^c	≤ 230	10	≥ 4,5	170 (Fig. 6.4)	320 ^d	160 ^d	1,0 ^d

Não será considerado o espraiamento da carga pois não há camada de solo sobre o Canal.

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 67/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Carga do veículo = 60 kN = 6 tf
-
- Carga por roda = 3,0 tf
-
- Carga uniformemente distribuída = 5 tf/m²
-
- $P = 3,0 \times \frac{1,5}{1,4} \times 1,3 = 4,2$ tf
-
- Serão feitas quatro verificações:
-
- Canal vazio com a roda na extremidade
-
- Canal vazio com a roda no centro
-
- Canal cheio de água com a roda na extremidade
-
- Canal cheio de água com a roda no centro
-

Para especificação da grade ver orçamento em anexo.

As grades dispostas sobre o canal não são fixadas no mesmo, elas são simplesmente apoiadas com folga de 2,0cm de cada lado. Posto isto, para o modelo foi considerado apenas as cargas referentes as grades, elas não foram modeladas junto com o canal.

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

68/20.0236

REV.

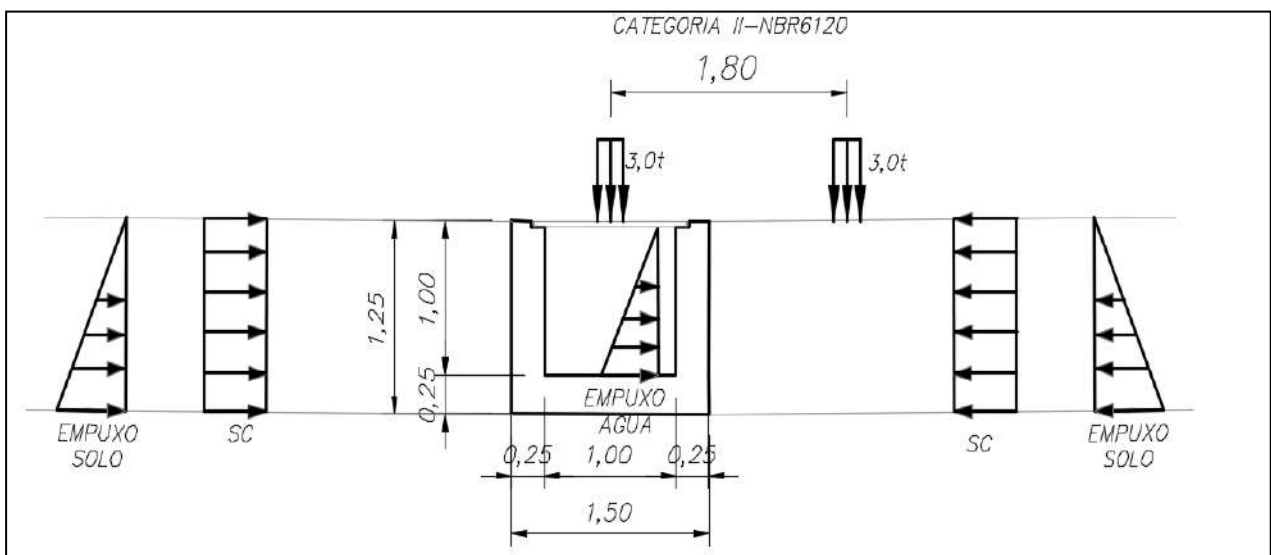
0

9.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de Veículo
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
-

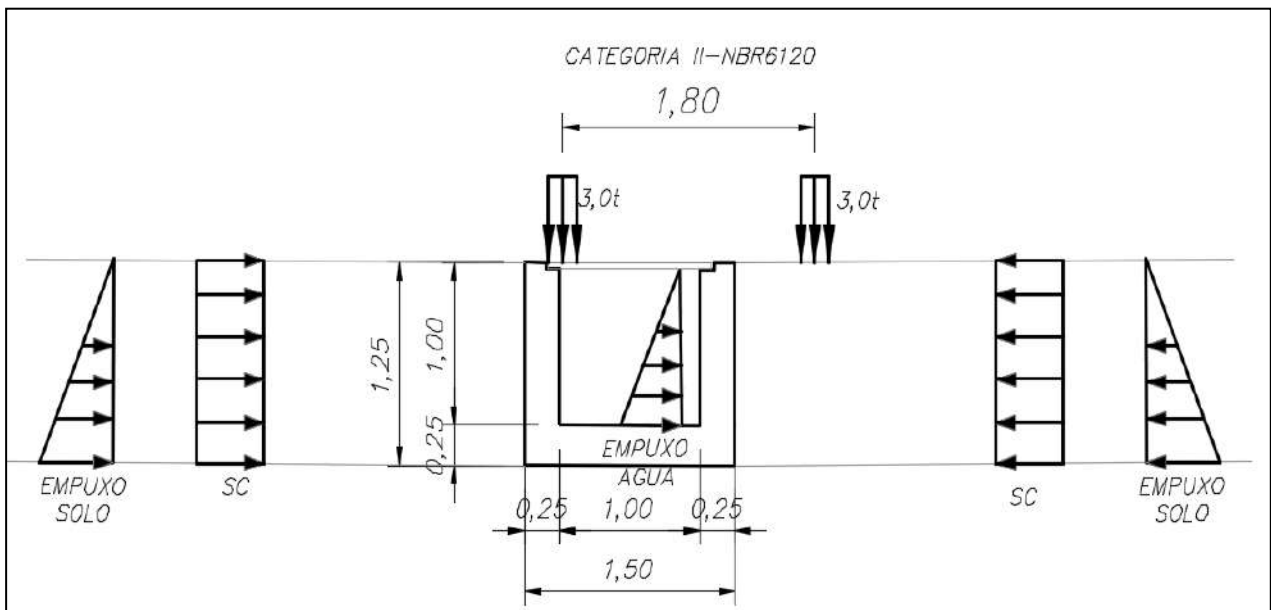
Carga veículo categoria II da NBR 6120

-



-

-



-

Carregamento sobre a grade:

Veículo classe II = 4,20 tf

PPgrade = 100 kg/m² = 0,10 tf/m²

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 69/20.0236	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0	

Carregamento sobre a laje de fundo:

$$PP_{\text{água}} = \gamma_{\text{água}} \cdot h = 1,0 \times 1,00 = 1,00 \text{ tf/m}^2$$

$$PP_{\text{laje}} = \gamma_{\text{conc}} \cdot h = 2,5 \times 0,25 = 0,625 \text{ tf/m}^2$$

Carregamento lateral nas paredes:

$$E_{\text{solo}} = \gamma_{\text{solo}} \cdot h \cdot k_a = 1,7 \times 1,13 \times 0,333 = 0,640 \text{ tf/m}^2$$

$$E_{\text{água}} = \gamma_{\text{água}} \cdot h = 1,0 \times 1,00 = 1,00 \text{ tf/m}^2$$

$$PP_{\text{parede}} = \gamma_{\text{conc}} \cdot h \cdot e = 2,5 \times 1,13 \times 0,25 = 0,703 \text{ tf/m}$$

$$SC = sc \cdot k_a = 5,0 \times 0,333 = 1,667 \text{ tf/m}^2$$

- Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade, compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

-
-
- Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15 \text{ MPa/m}$.
-

Para a distância entre nós de 25 cm temos:

$$1500 \text{ tf/m}^3 \times 0,25 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 375 \text{ tf/m}$$

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

70/20.0236

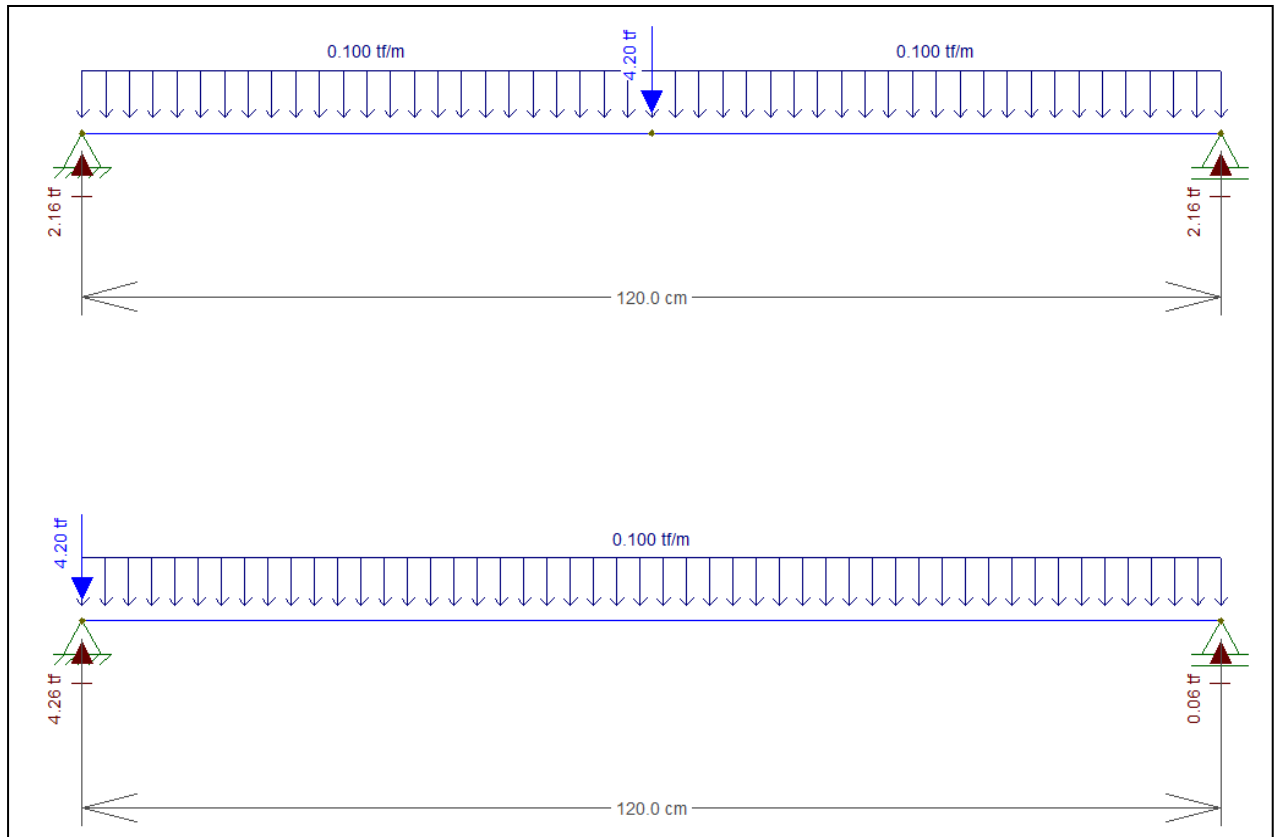
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

9.2 ESFORÇOS NA GRADE



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

71/20.0236

Nº DF+

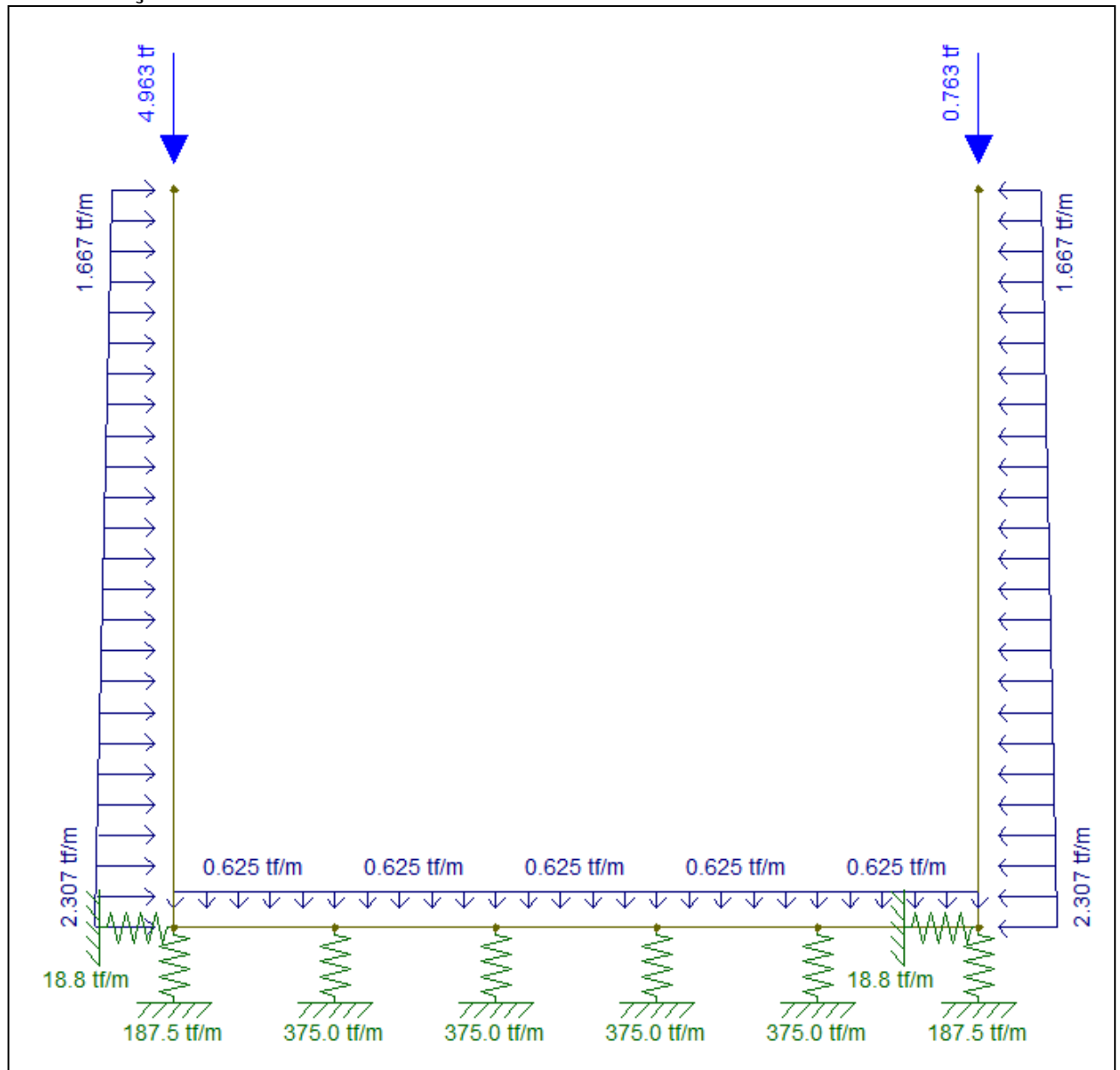
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

9.3 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO - RODA NA EXTREMIDADE

- Esforços



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

72/20.0236

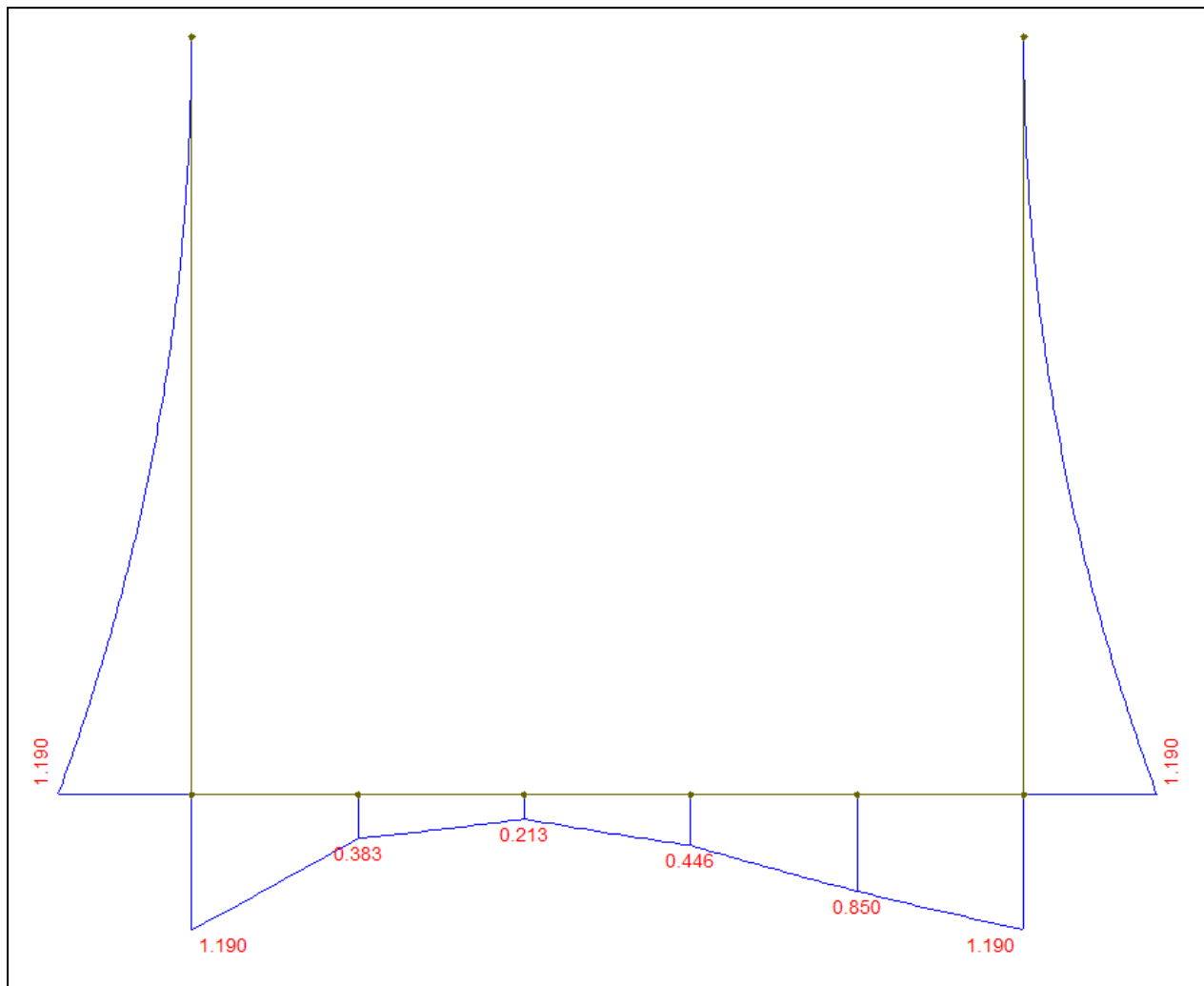
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor


 f_{ck} (Mpa)= 30

 d' (cm)= 5

 Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s

 w_k = 0,2 mm

Espaçamento máximo = 20 cm

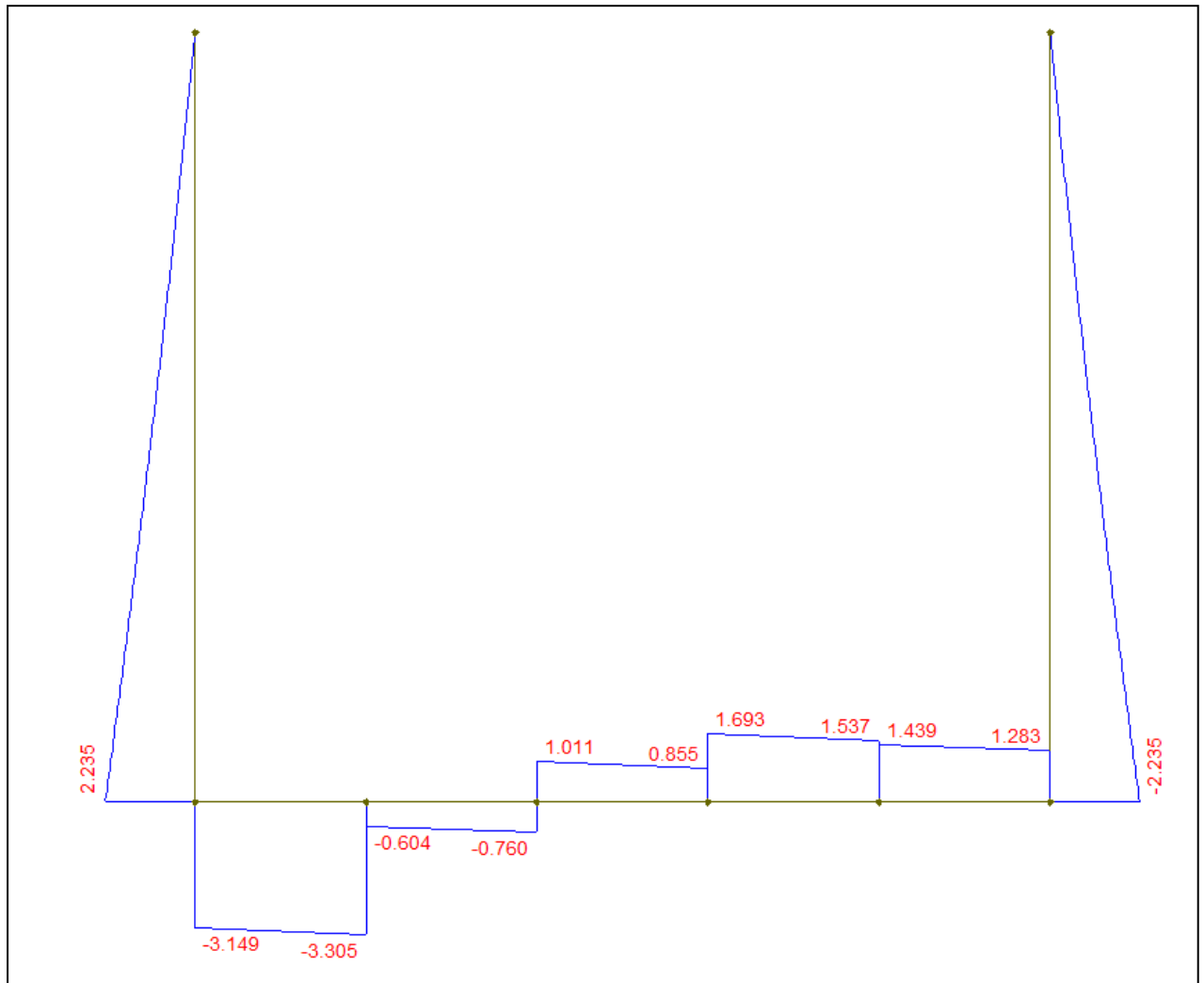
 Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	σ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	1190	50	0,00	1,94	3,75	0,041	10	20,9	σ 10,0 c/ 20,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC	PÁGINA
-	73/20.0236
Nº DF+	REV.
DF19-263-1-CV-MEC-0003	0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

74/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento

Descrição Geral:	OE		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	31,5	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,250	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,200	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	343	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	A _s / (b _w · d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s · γ _f / (b _w · h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	121,65	kN
V _d	V · γ _f	44,10	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 · α _{v1} · f _{cd} · b _w · d · 0,9	964,29	kN
Vd < VRd2 - OK!			

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

75/20.0236

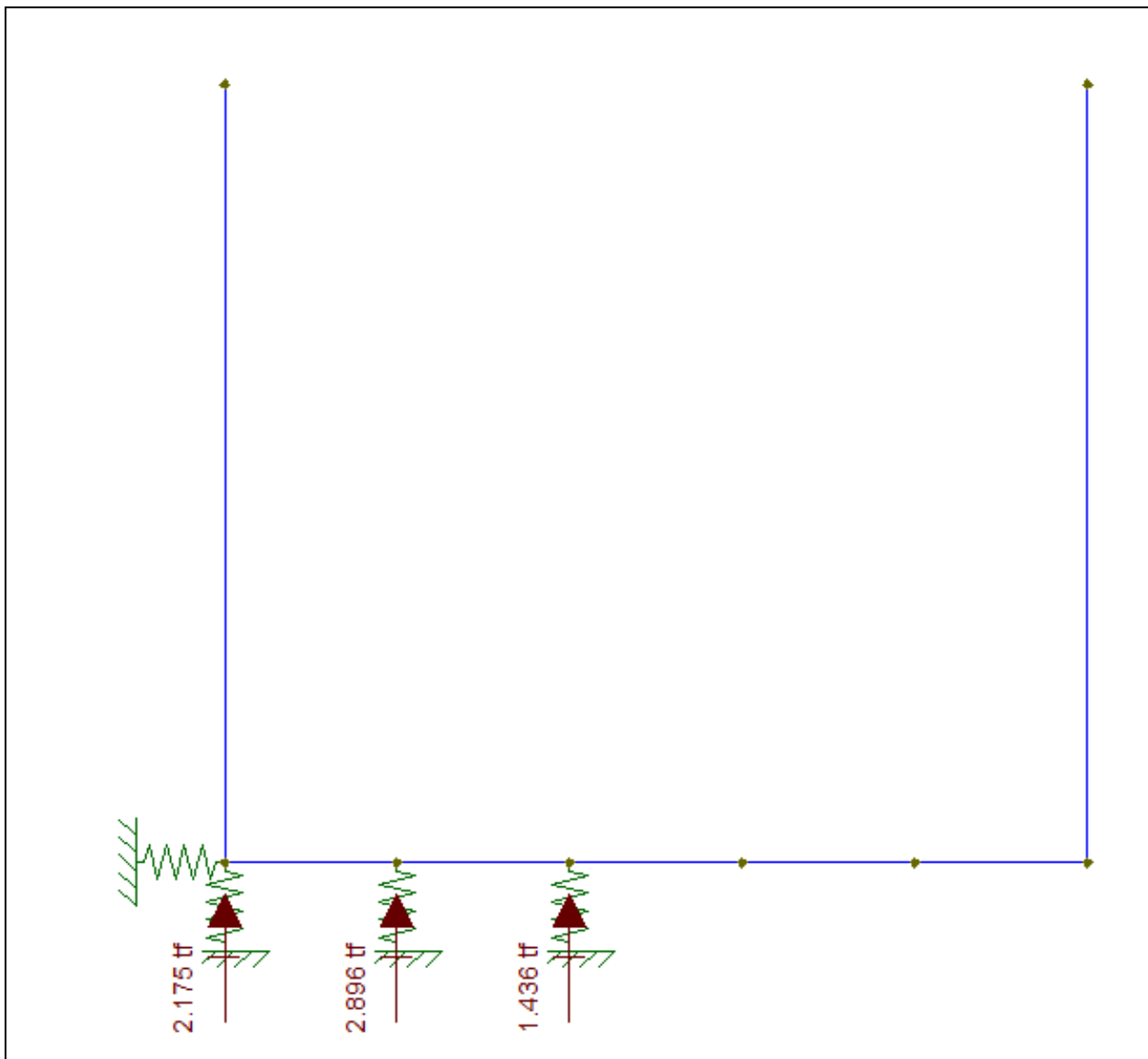
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Reações:



-
-
- Reação máxima = 2896kgf
-
- Tensão máxima = $2896 / (25 \times 100) = 1,16 \text{ Kgf/cm}^2$

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

76/20.0236

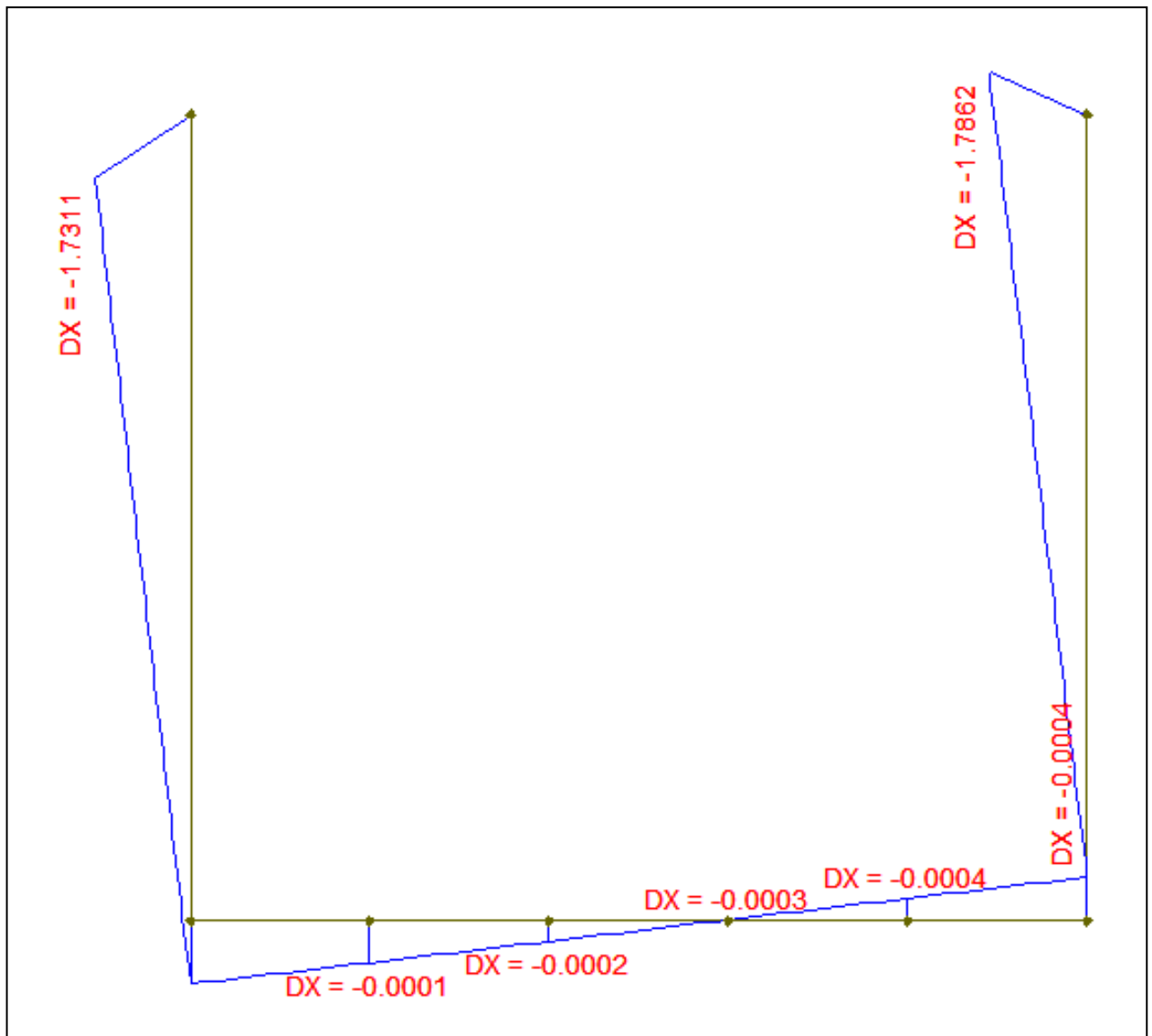
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Deformações:



-
- Deformação máxima horizontal = $1,731 - 1,786 = 0,055$ cm
- Deformação horizontal limite = $112,5/150 = 0,75$ cm
-

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

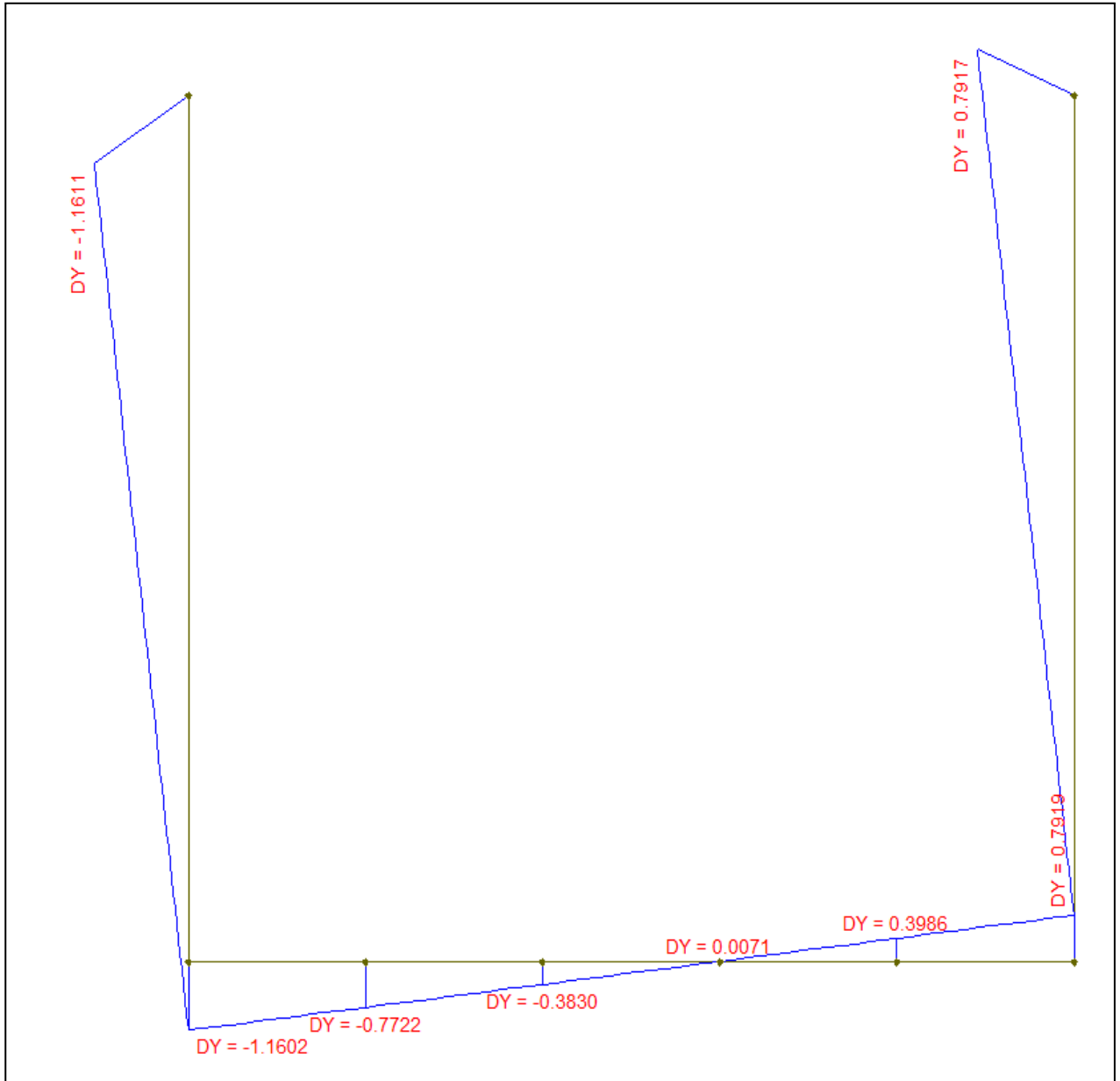
77/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



-
- Deslocamento máxima vertical = 1,161 cm

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

78/20.0236

Nº DF+

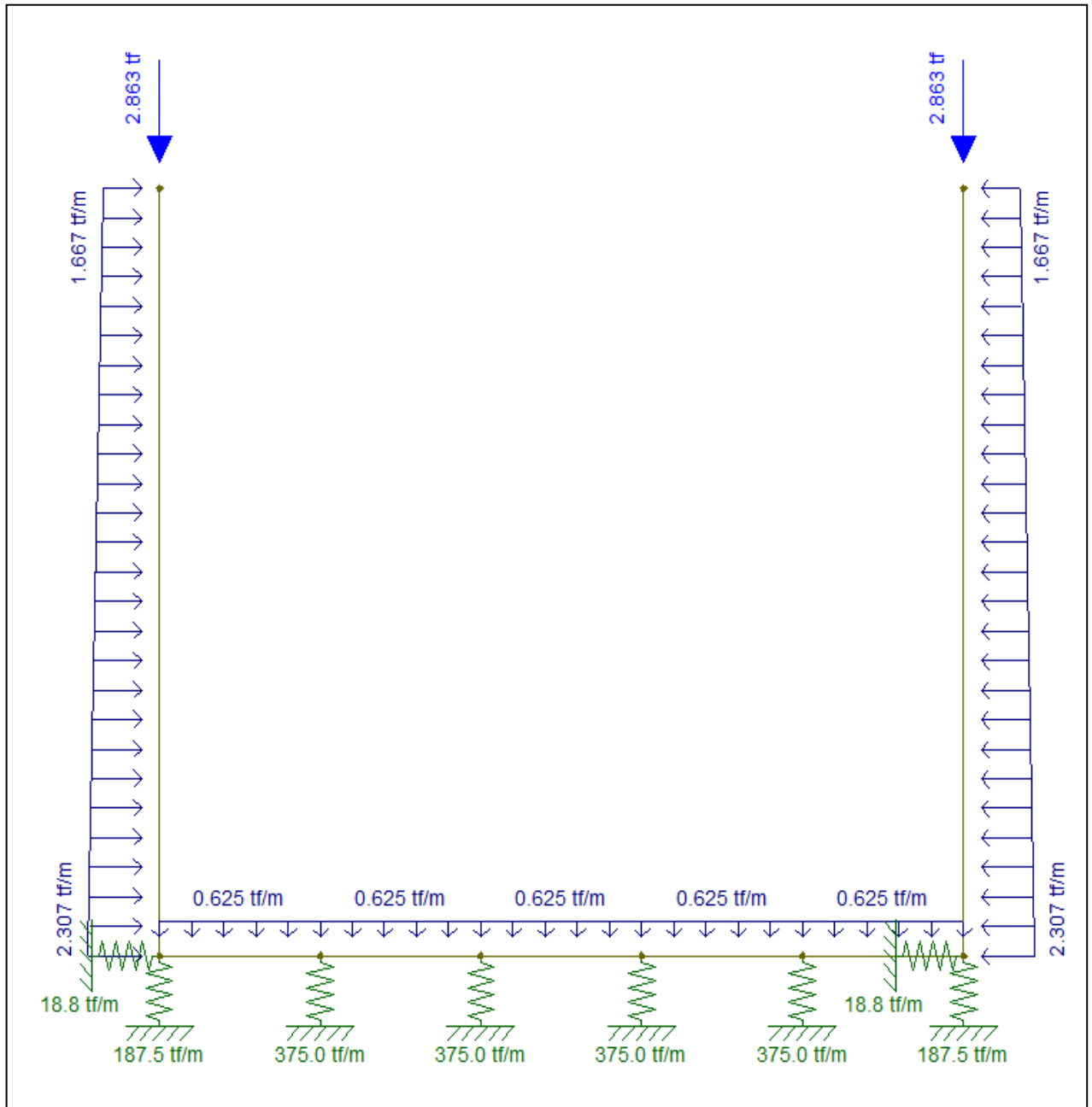
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

9.4 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO - RODA NO EIXO

- Esforços



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

79/20.0236

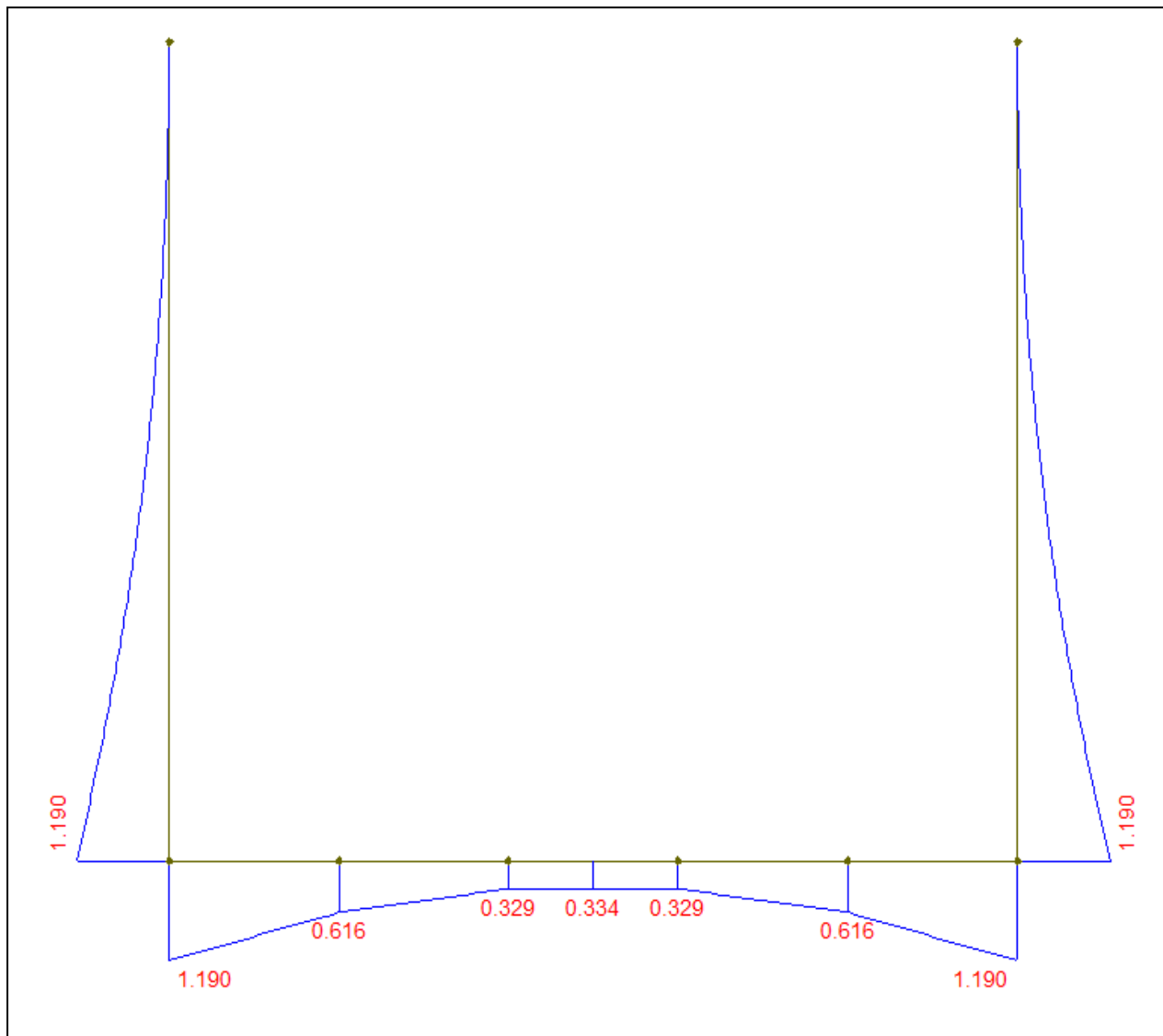
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor


 f_{ck} (Mpa) = 30

 d' (cm) = 5

 Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s

 w_k = 0,2 mm

Espaçamento máximo = 20 cm

 Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	σ (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
L1	Horizontal	N	25	20	1190	50	0,00	1,94	3,75	0,041	10	20,9	σ 10,0 c/ 20,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

80/20.0236

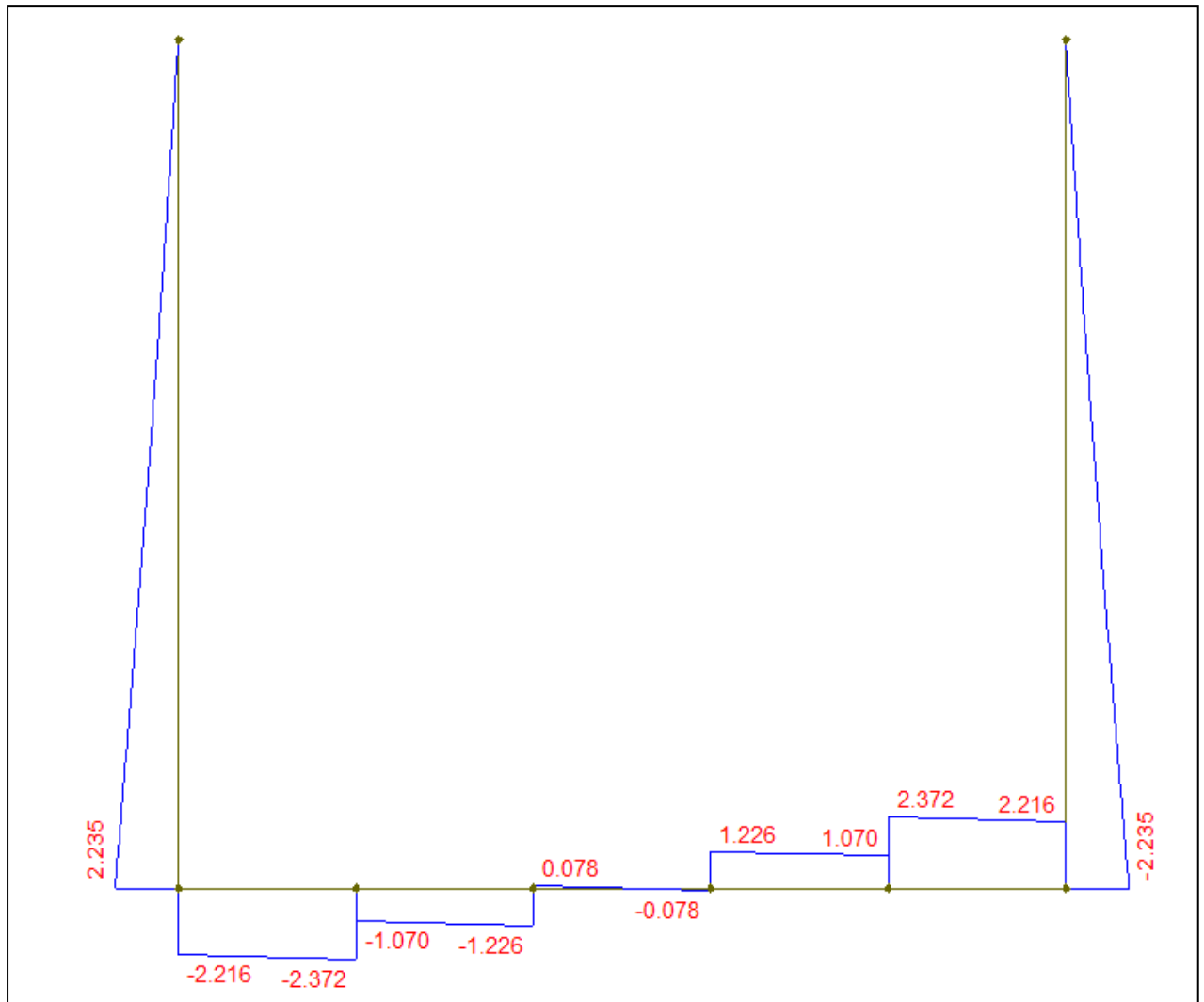
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

81/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento

Descrição Geral:	OE		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	22,4	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,250	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,200	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	343	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	A _s / (b _w + d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s + γ _f / (b _w + h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	121,65	kN
V _d	V + γ _f	31,36	kN
Não é necessário armar: V_d < V_{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 + α _{v1} + f _{cd} + b _w + d + 0,9	964,29	kN
V_d < V_{Rd2} - OK!			

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

82/20.0236

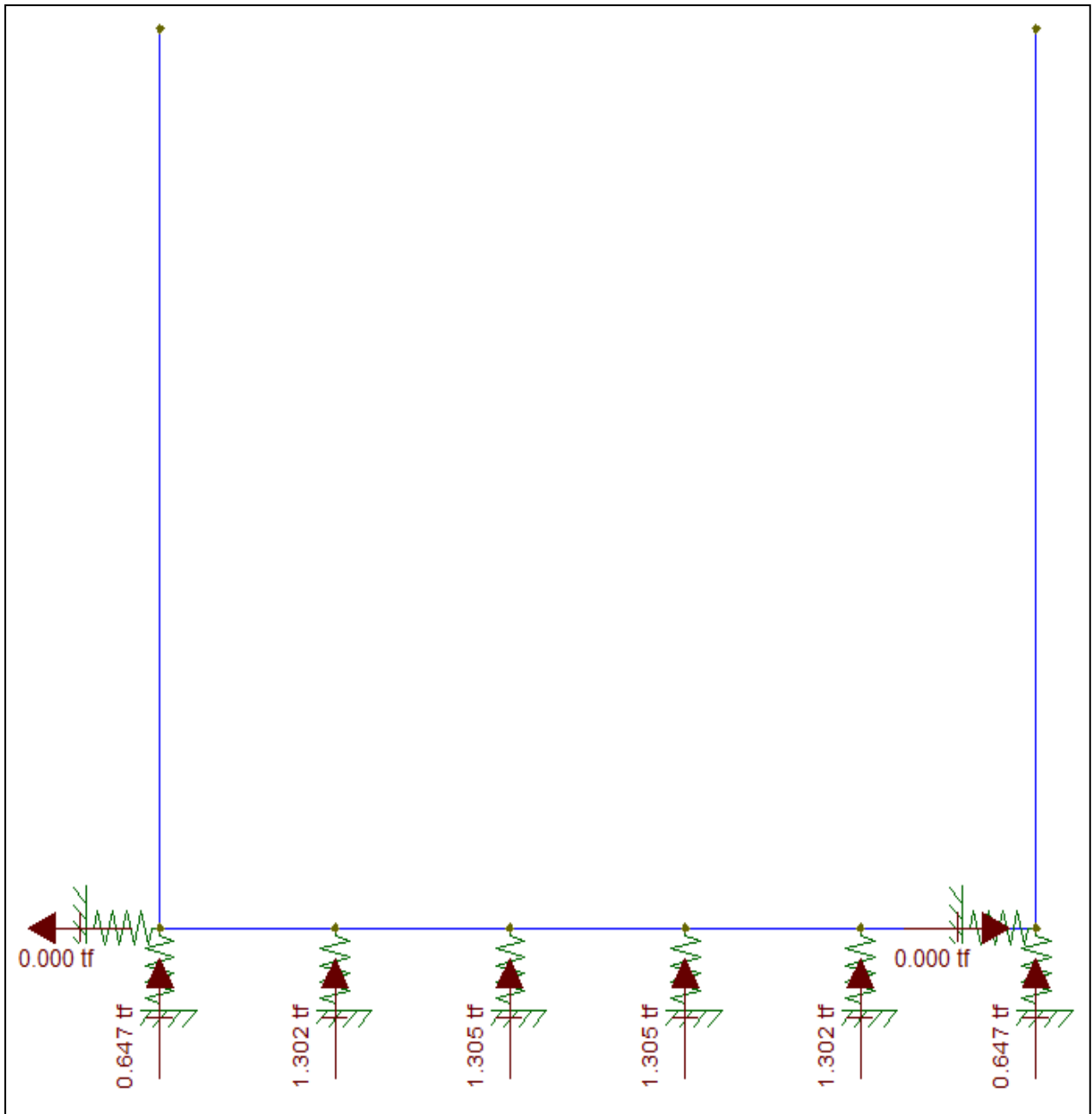
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

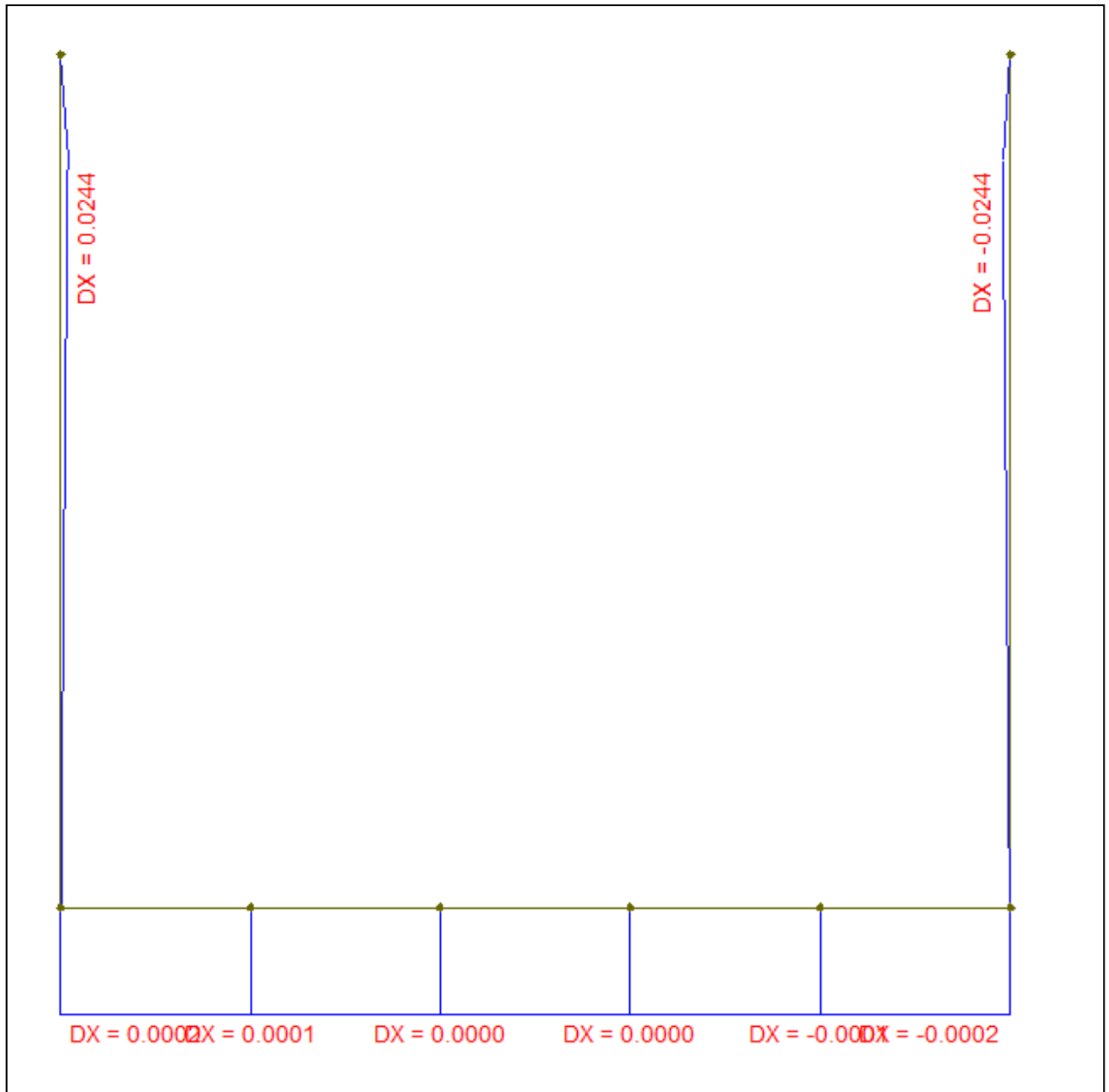
- Reações:



-
-
- Reação máxima = 1305kgf
- Tensão máxima = $1305 / (25 \times 100) = 0,522 \text{ Kgf/cm}^2$
-
-
-
-
-
-

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 83/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

-
- Deformações:



-
- Deformação máxima horizontal = 0,03 cm
- Deformação horizontal limite = $112,5/150 = 0,75$ cm
-
-
-

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

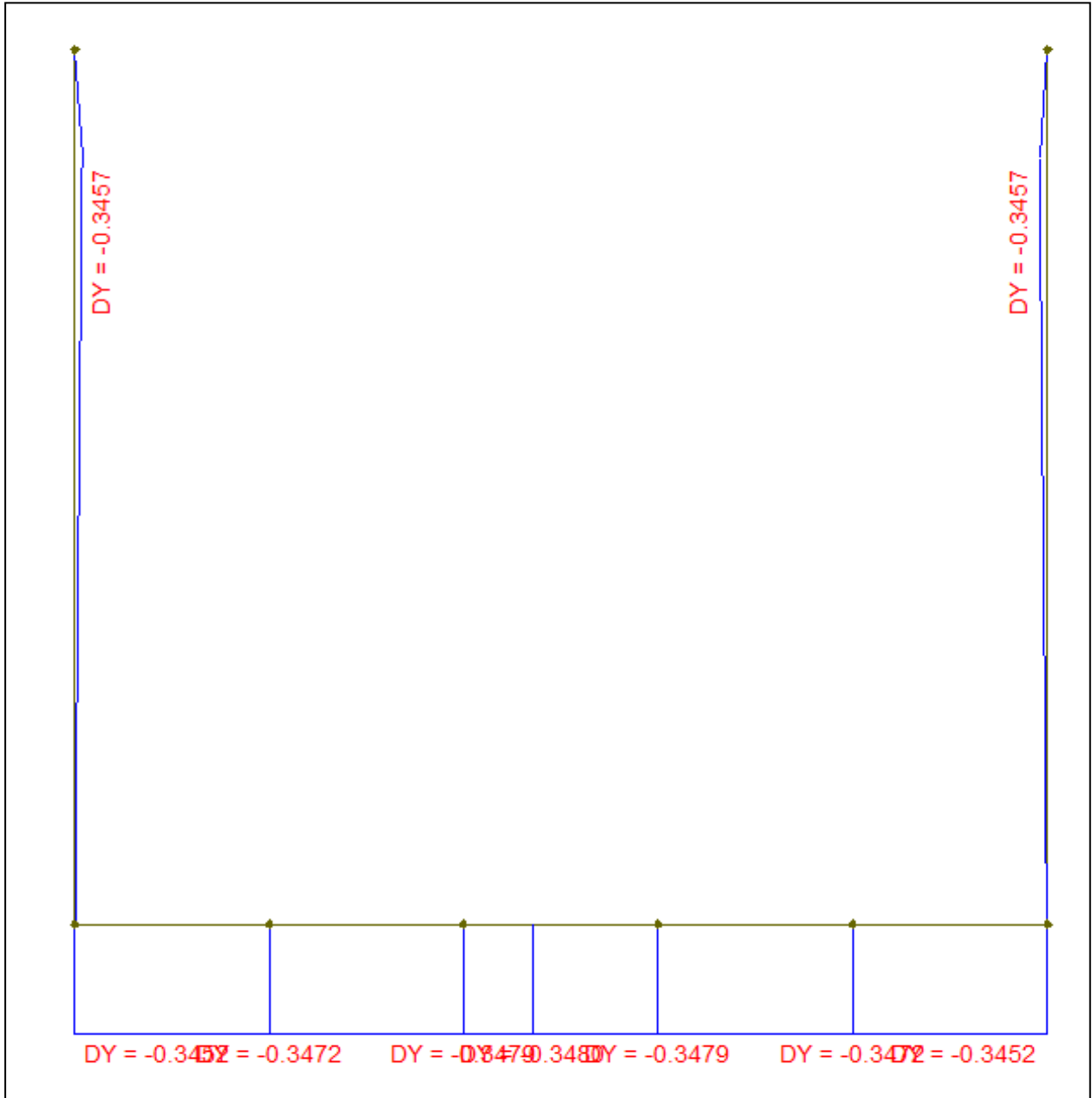
84/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

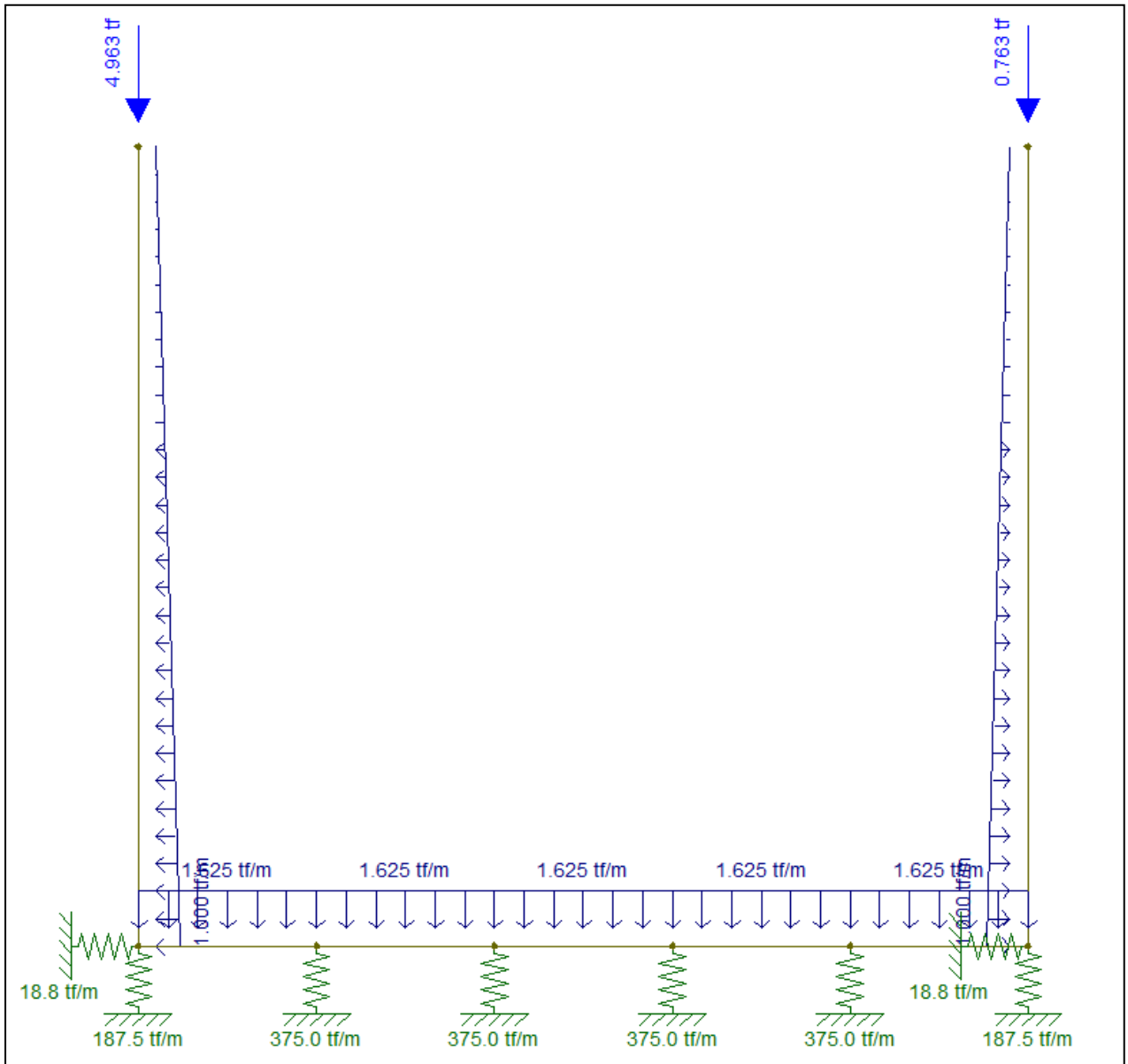


-
-
- Deformação máxima vertical = 0,35 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 85/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

9.5 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO - RODA NA EXTREMIDADE

- Esforços



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

86/20.0236

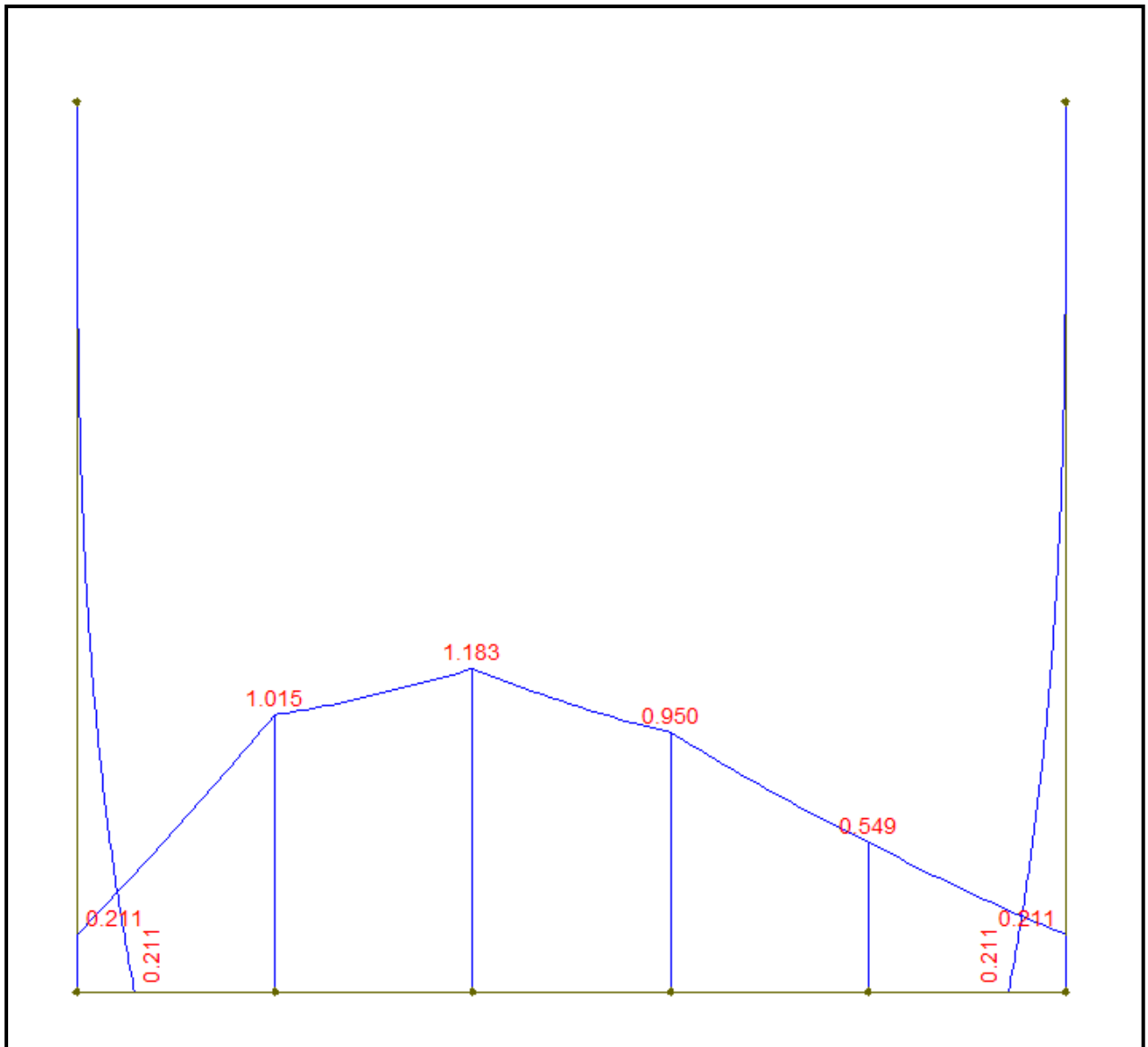
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)= 30		d' (cm)= 5	Usar A_{smin} de Norma? s									
w_k = 0,2 mm		Espaçamento máximo = 20 cm										
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kg*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fis}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	1183	50	0,00	1,93	3,75	0,041	10	20,9	ϕ 10,0 c/ 20,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

87/20.0236

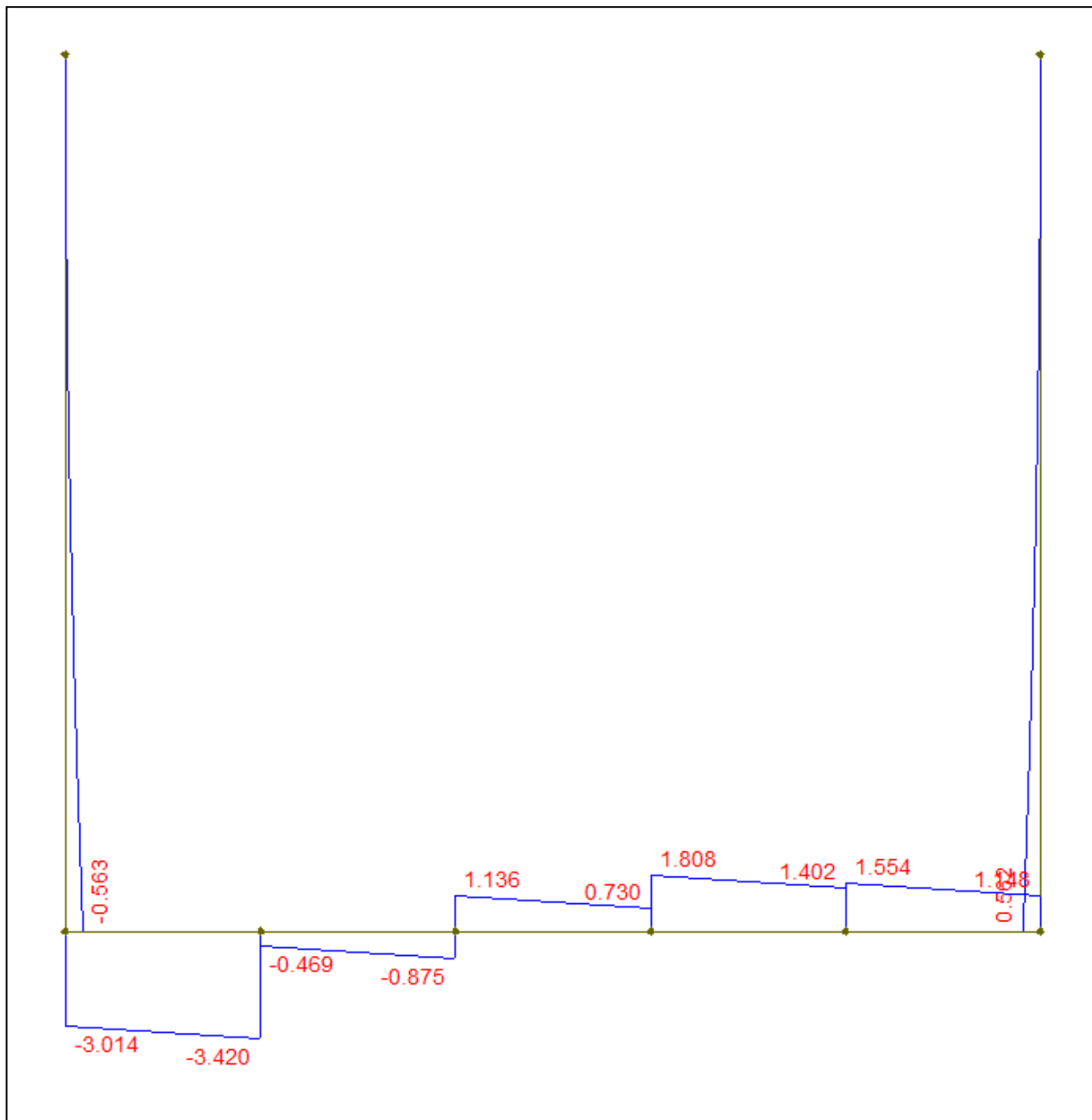
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

88/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

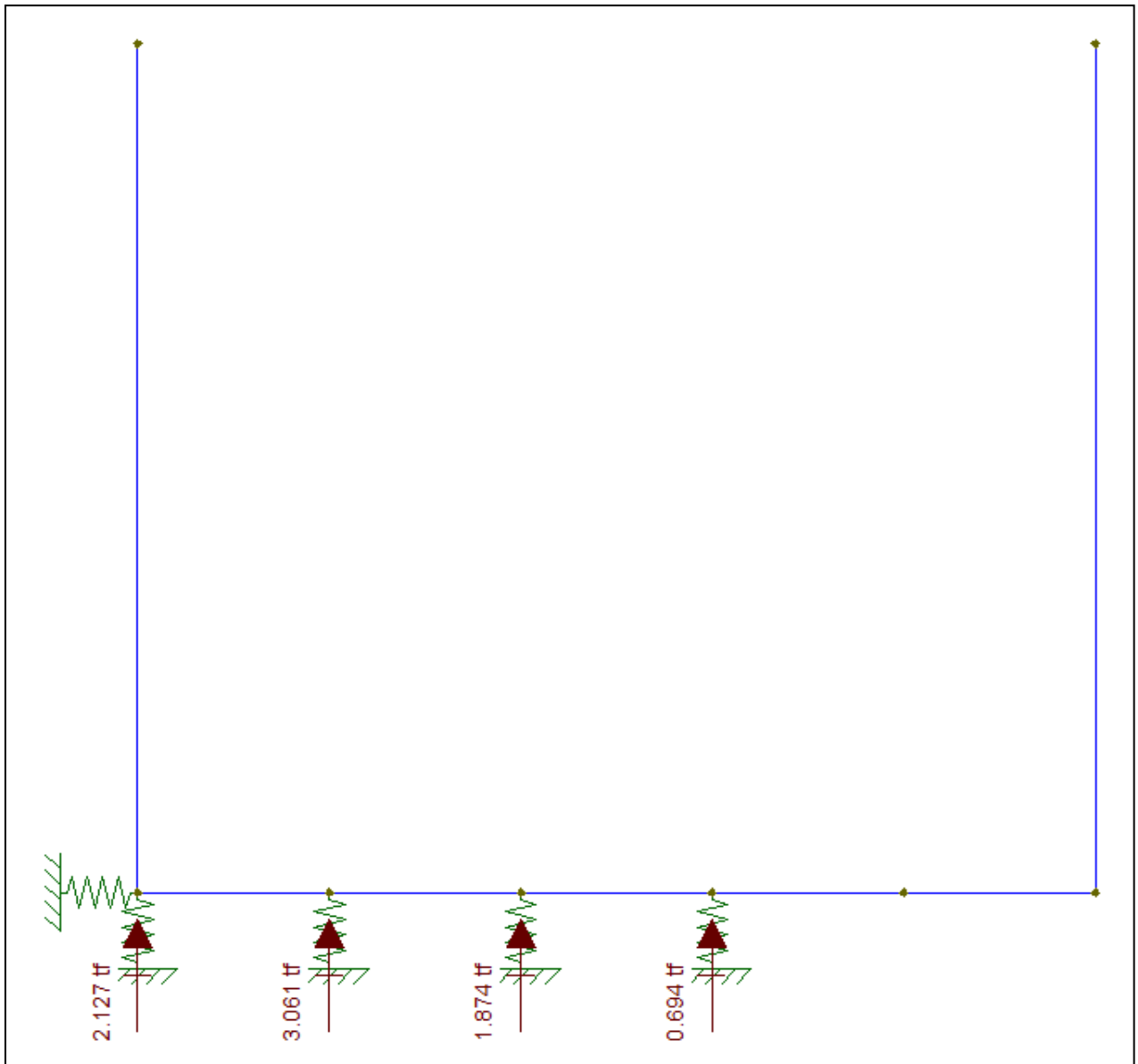
0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento

Descrição Geral:	OE		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	34,2	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,250	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,200	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	343	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	A _s / (b _w · d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s · γ _f / (b _w · h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	121,65	kN
V _d	V · γ _f	47,88	kN
Não é necessário armar: V_d < V_{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 · α _{v1} · f _{cd} · b _w · d + 0,9	964,29	kN
V_d < V_{Rd2} - OK!			

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 89/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Reações:



-
- Reação máxima = 3061 kgf
- Tensão máxima = $3061 / (25 \times 100) = 1,22 \text{ Kgf/cm}^2$

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

90/20.0236

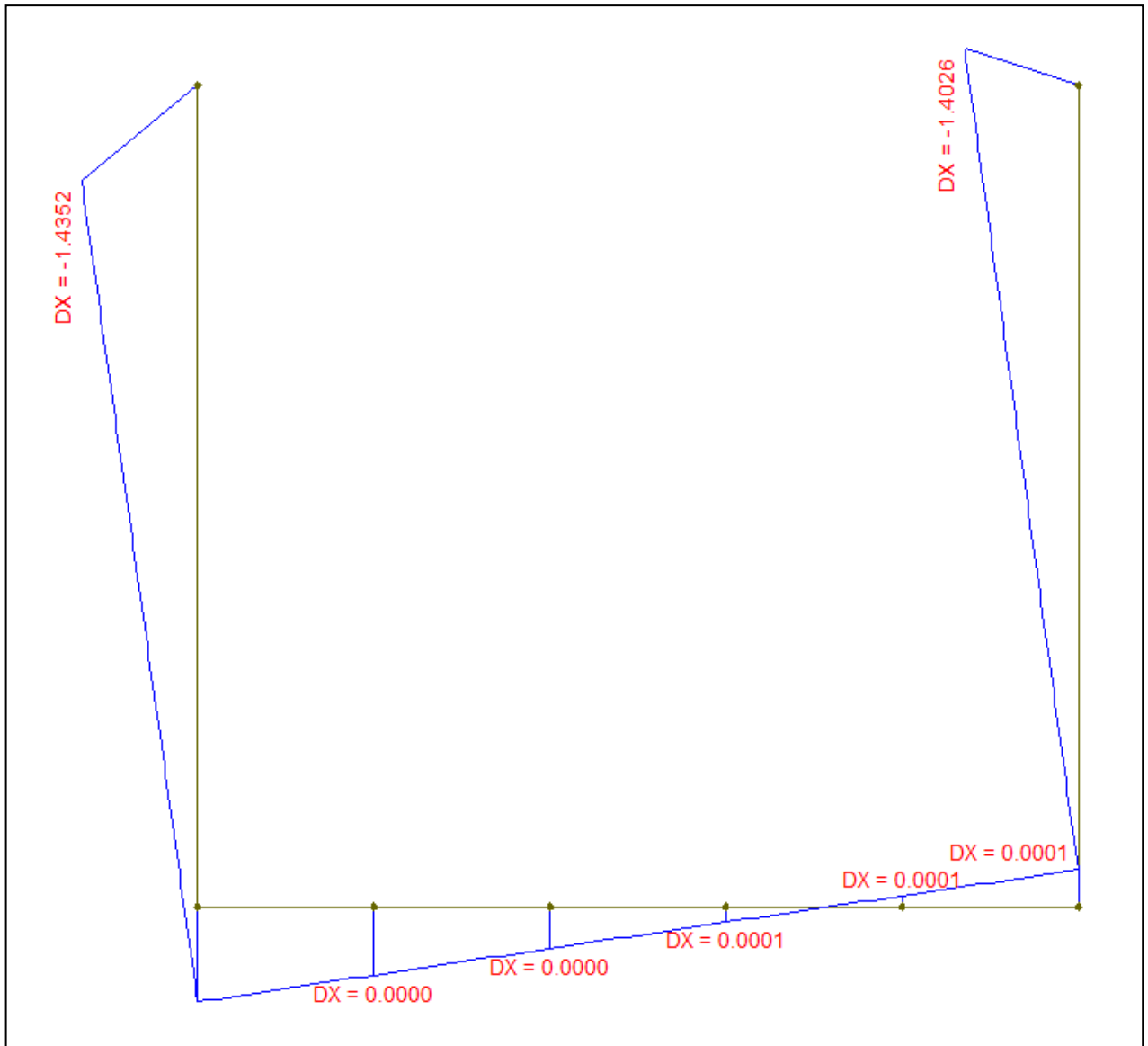
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Deformações:



-
- Deformação máxima horizontal = $1,435 - 1,403 = 0,032$ cm
- Deformação horizontal limite = $112,5/150 = 0,75$ cm

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

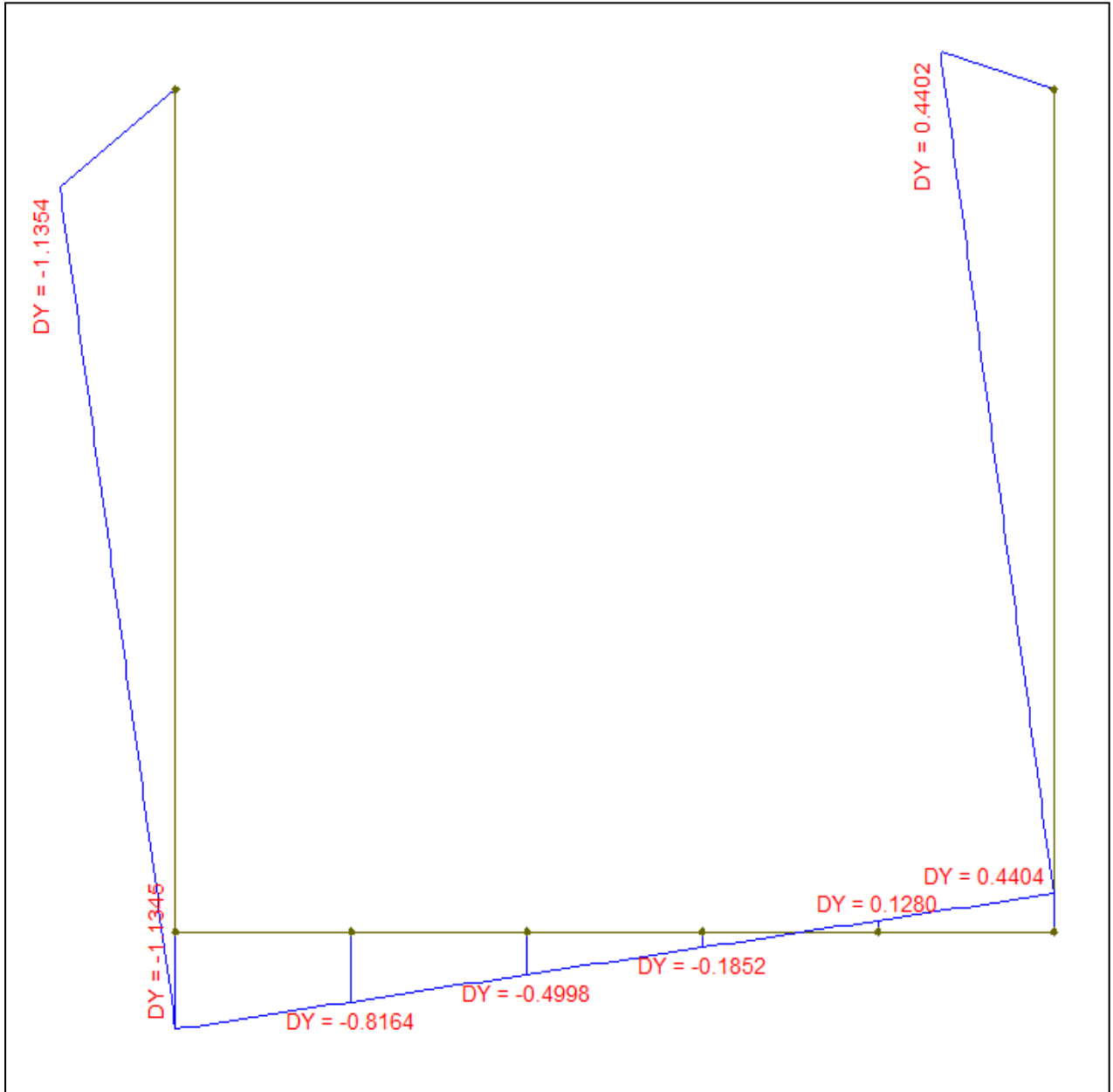
91/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

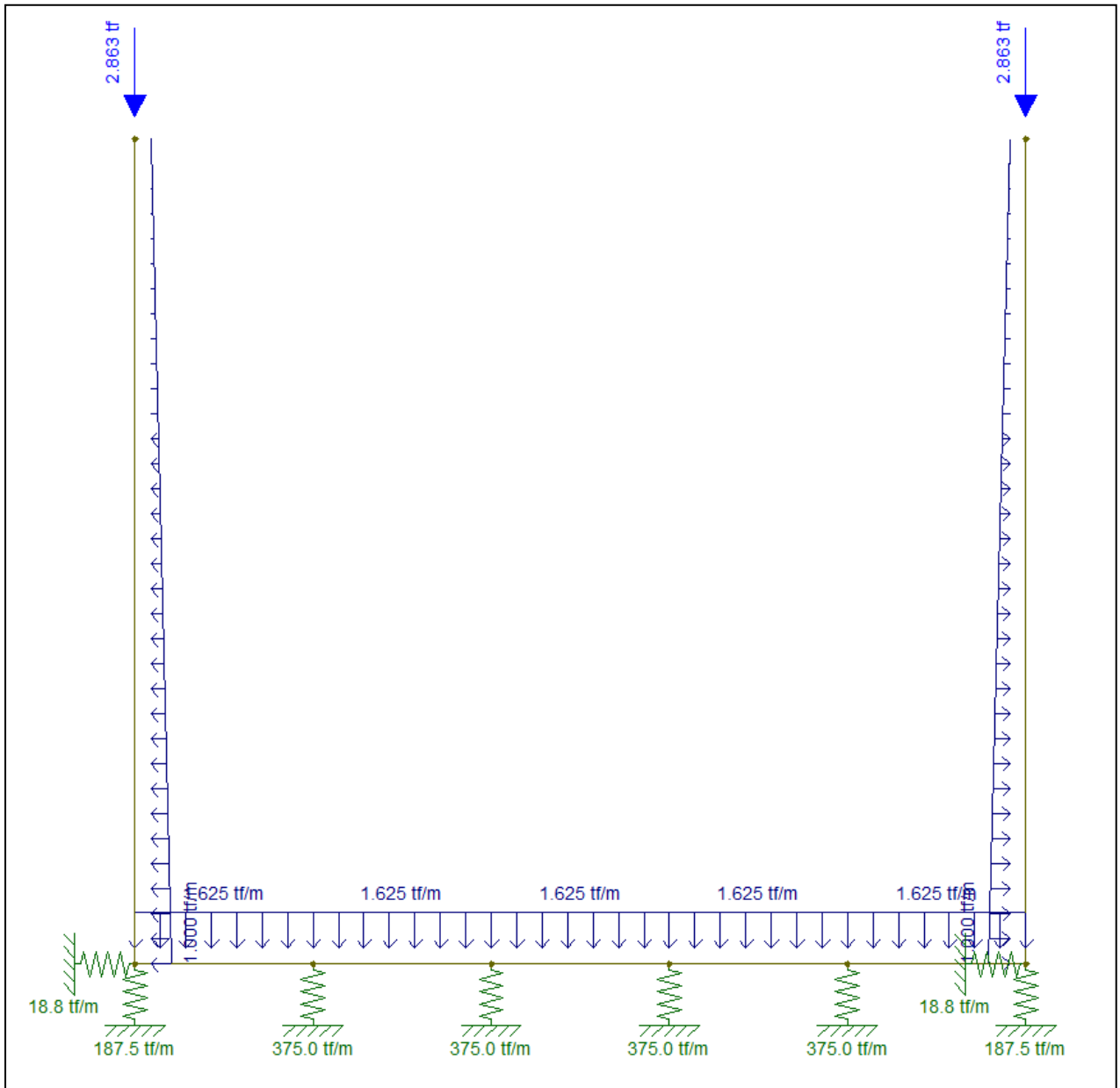


-
- Deslocamento máximo vertical = 1,135 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 92/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

9.6 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO - RODA NO EIXO

- Esforços



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

93/20.0236

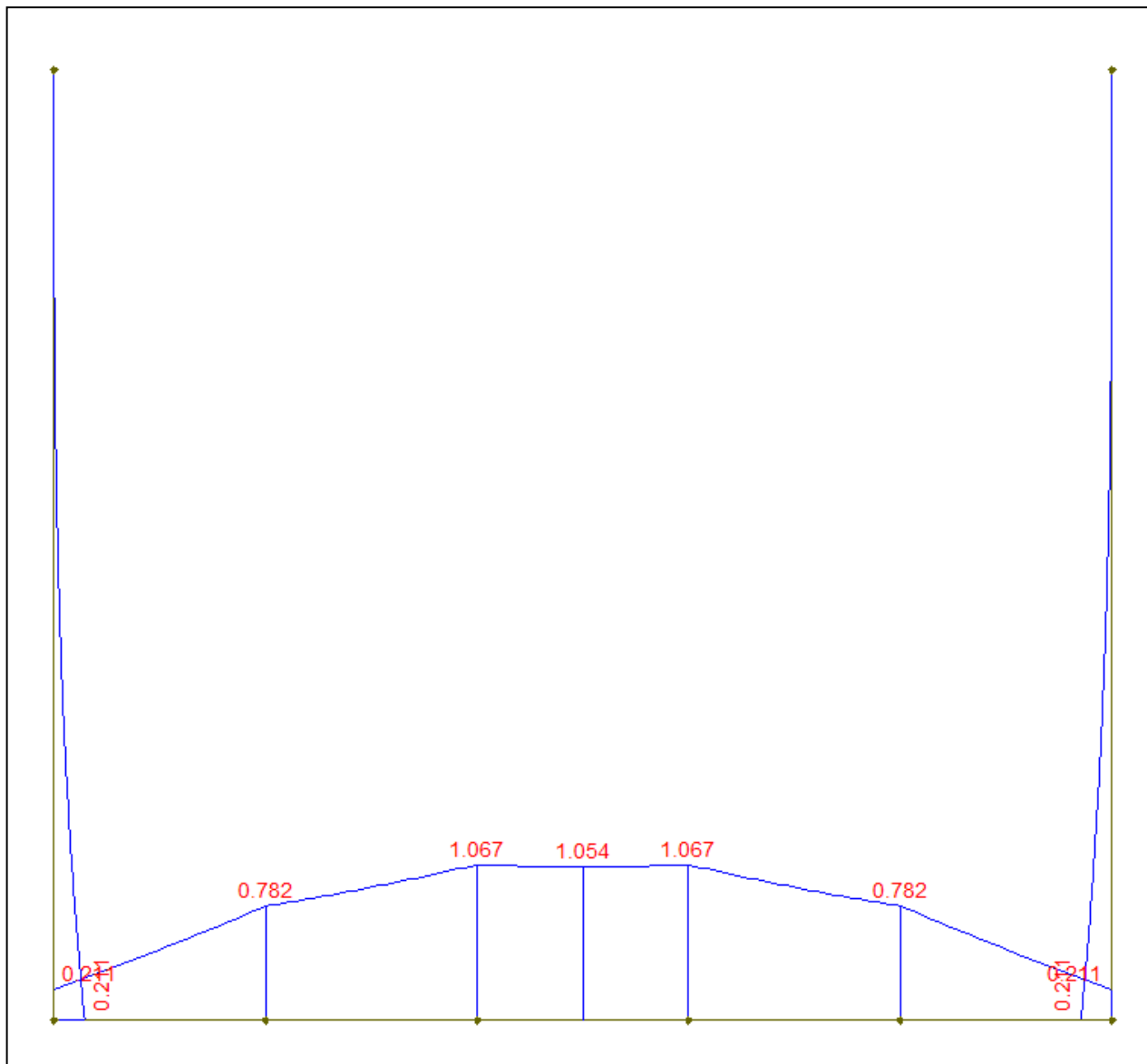
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar A_{smin} de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	1054	50	0,00	1,71	3,75	0,032	10	20,9	ϕ 10,0 c/ 20,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

94/20.0236

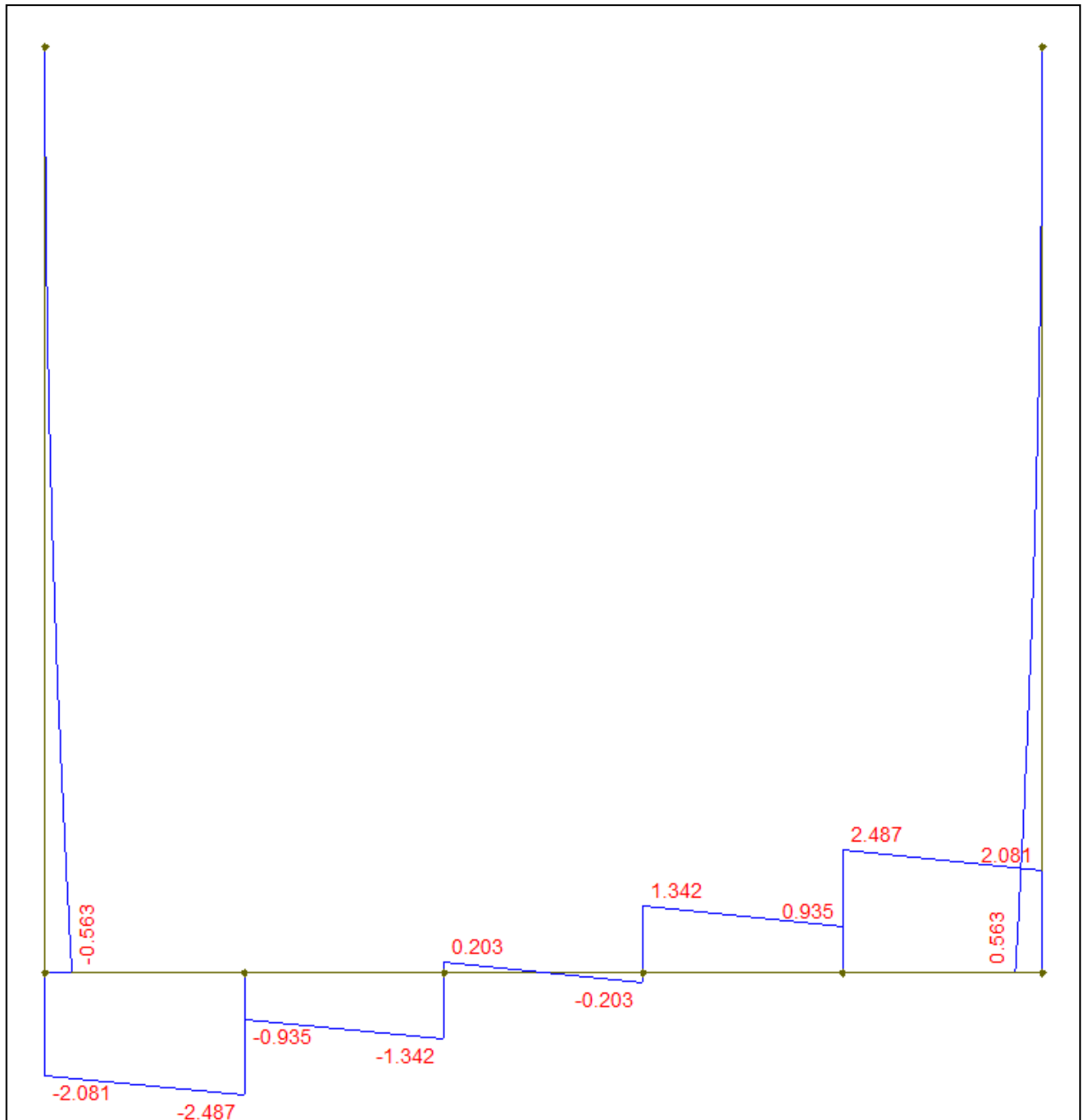
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

95/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento

Descrição Geral:	OE		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	24,9	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,250	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,200	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	343	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	A _s / (b _w · d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s + γ _f / (b _w · h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	121,65	kN
V _d	V + γ _f	34,86	kN
Não é necessário armar: V_d < V_{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 + α _{v1} · f _{cd} · b _w · d + 0,9	964,29	kN
V_d < V_{Rd2} - OK!			

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

96/20.0236

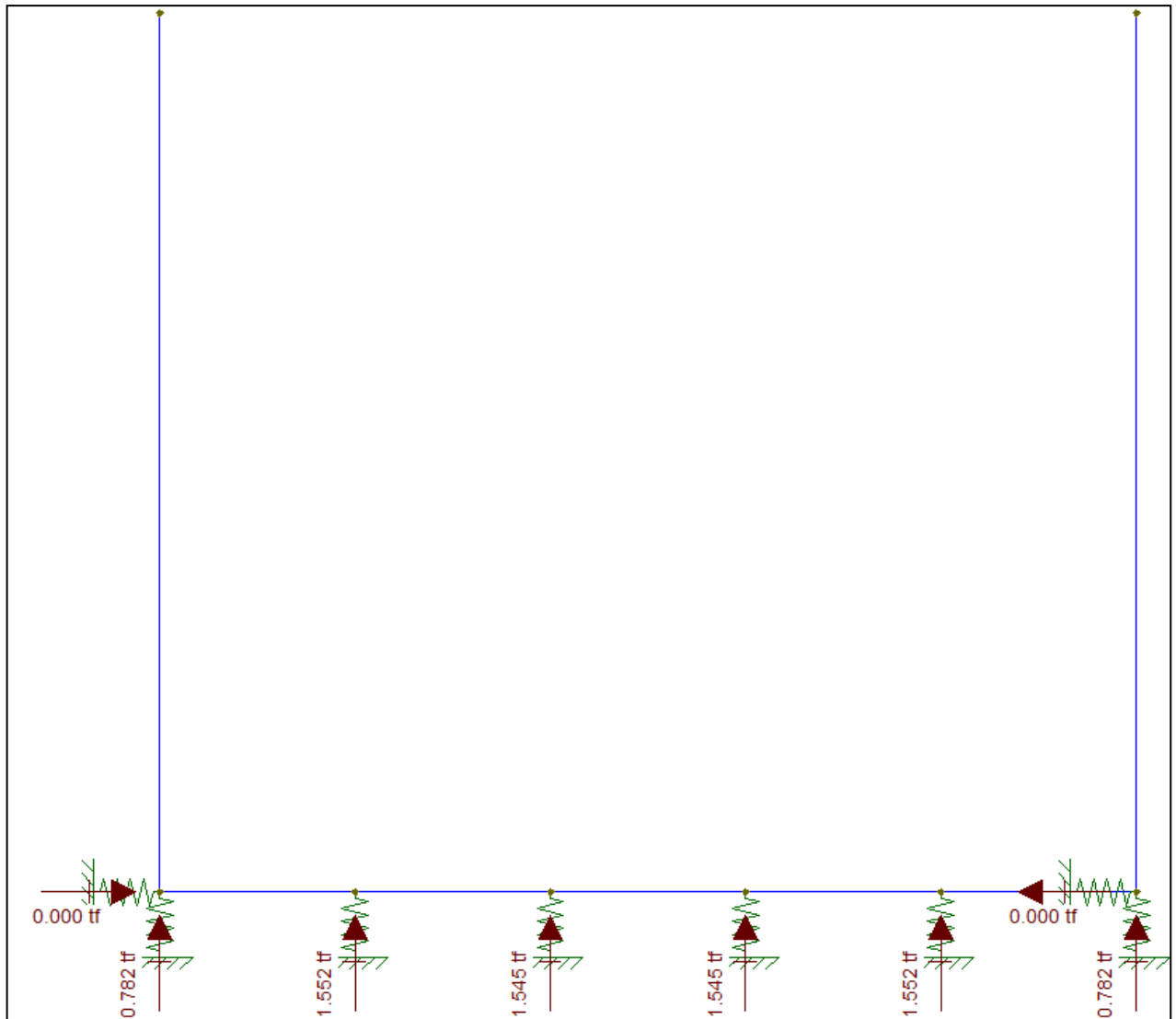
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Reações:



-
- Reação máxima = 1545 kgf
-
- Tensão máxima = $1545 / (25 \times 100) = 0,618 \text{ Kgf/cm}^2$

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

97/20.0236

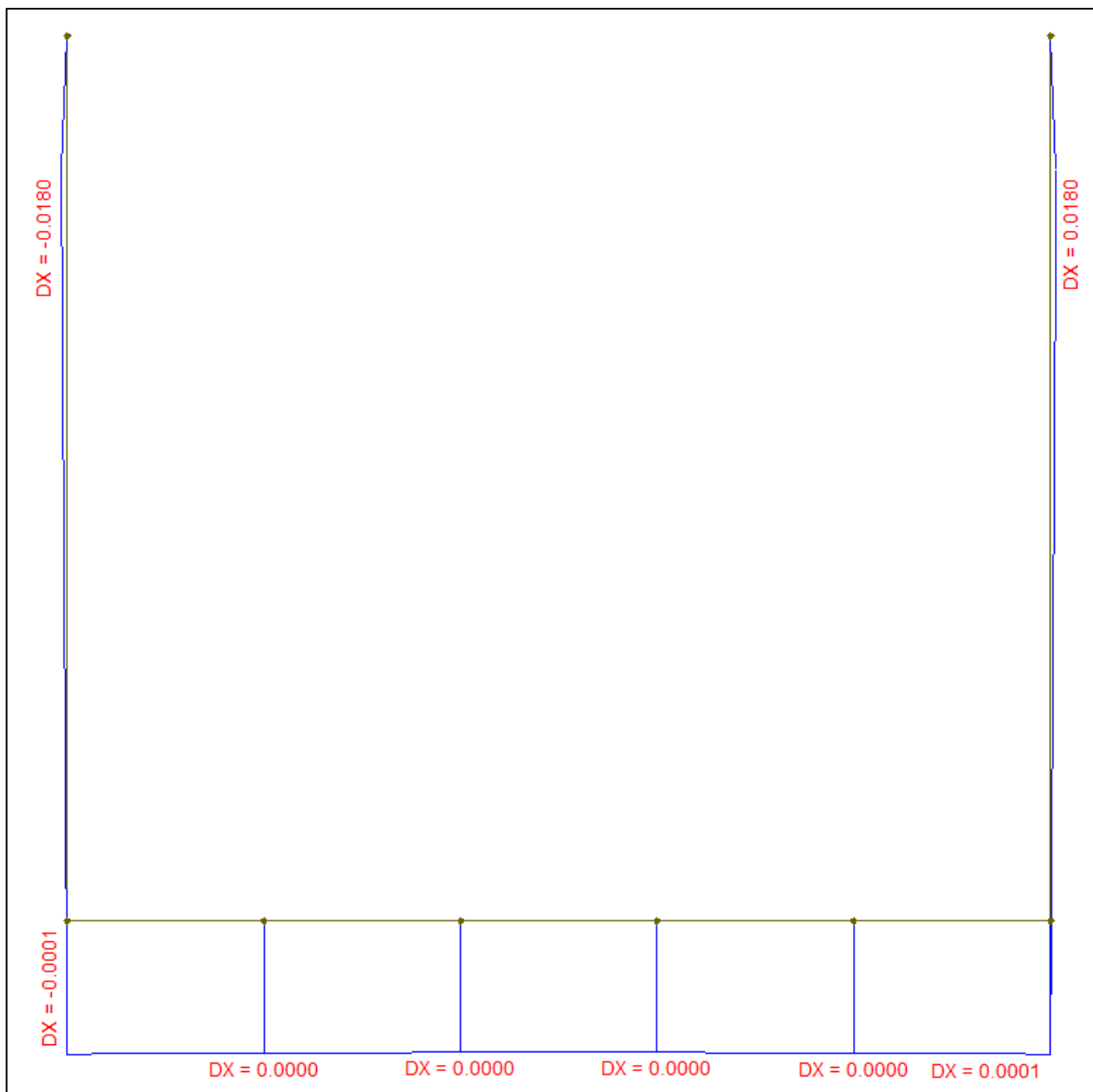
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Deformações:



- Deformação máxima horizontal = 0,02 cm
- Deformação horizontal limite = $112,5/150 = 0,75$ cm

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

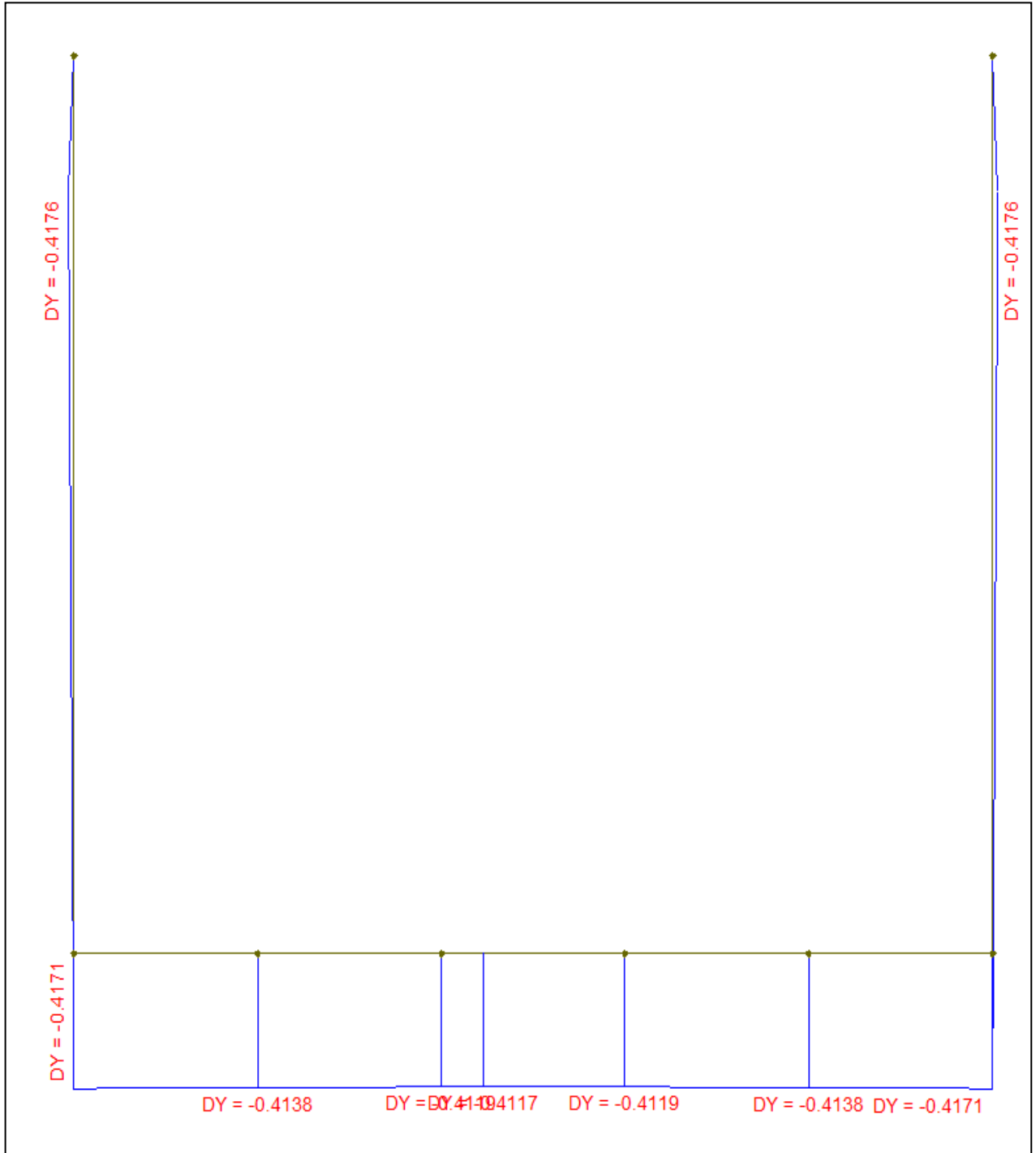
98/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

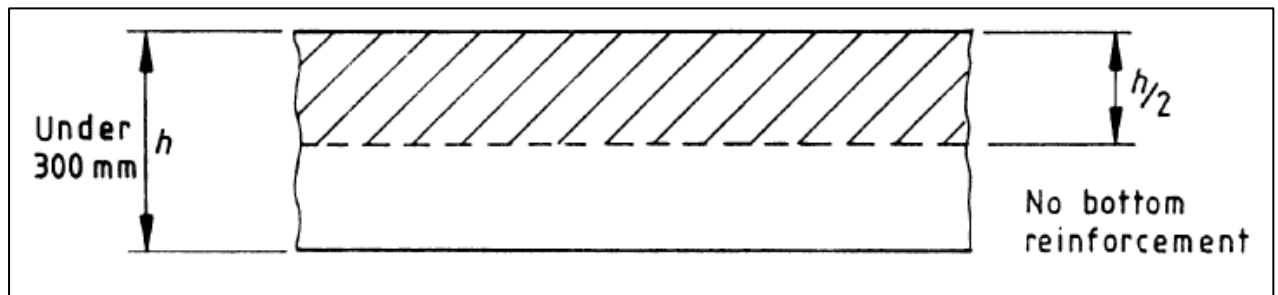


-
- Deformação máxima vertical = 0,418 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 99/20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

9.7 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} < h \rightarrow h_{\text{sup}}=h/2$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids).



Para $h = 25\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}= 25/2 = 12,5\text{cm}$

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

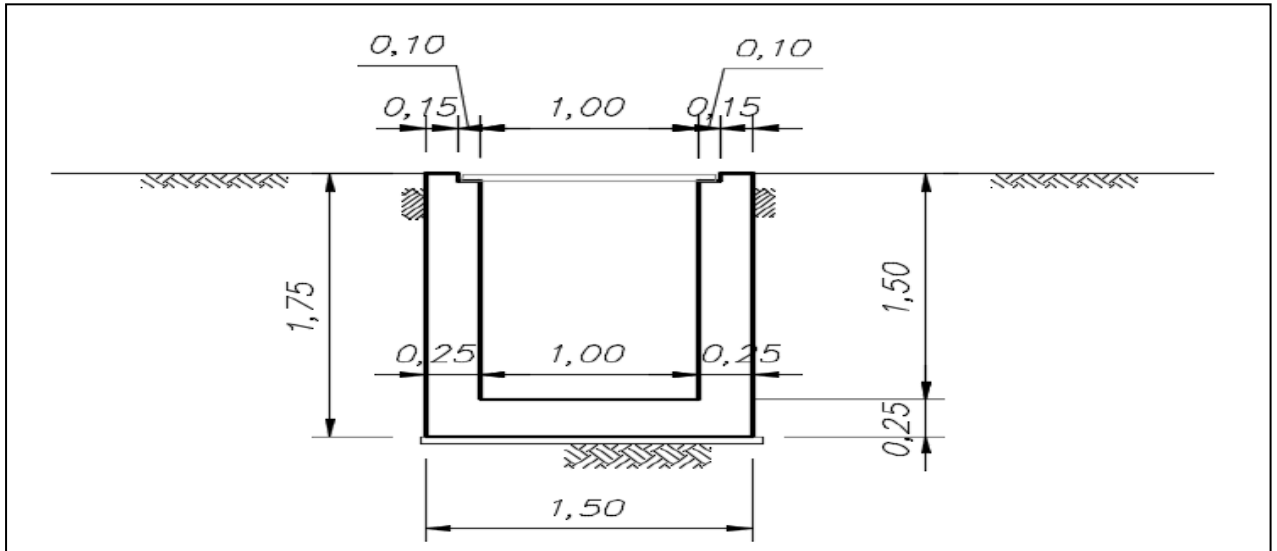
- $A_s = k \cdot k_{\text{fct,ef}} \cdot A_{\text{ct}} / \sigma_s$
- $A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (12,5 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3600 \text{ kgf/cm}^2 =$
- $A_s = 6,7 \text{ cm}^2 - \varnothing 10 \text{ c}/10$
-

9.8 RESUMO:

- Parede e fundo com espessura de 25 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: $\varnothing 10 \text{ c}/10$
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: $\varnothing 10 \text{ c}/10$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 100 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

10.0 DIMENSIONAMENTO DA OMBREIRA ESQUERDA - TRECHO COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS - H=1,50



Será considerado passagem de veículo categoria II da NBR 6120:

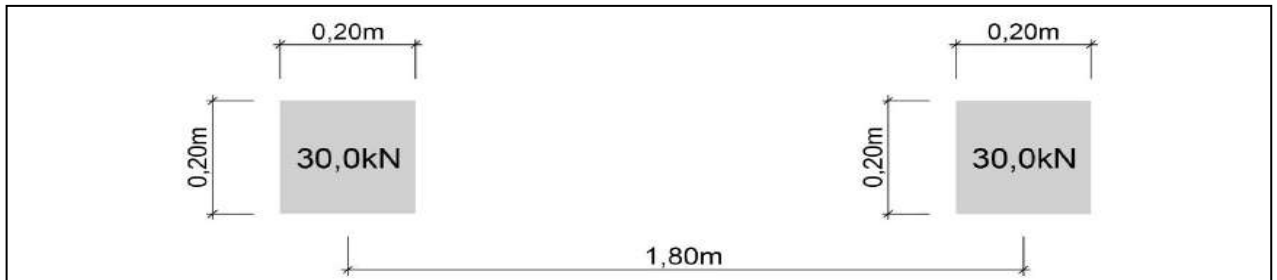


Figura 6.2 – Eixo-tipo simples para verificação de cargas concentradas – Categoria II

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 101 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Tabela 6.4 – Ações em garagens e demais áreas de circulação de veículos							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Categoria	PBT (kN)	Carga uniformemente distribuída (kN/m ²)	Altura máx. (m)	Cargas concentradas Q _k (kN)	Força horizontal F _x (kN) ^e	Força horizontal F _y (kN) ^e	Altura H de aplicação das forças F _x e F _y (m) ^e
I ^a	≤ 30	3	2,3	12 ^b	100	50	0,5
II ^f	≤ 90	5	2,6	60 (Fig. 6.2)	180	90	0,5
III	≤ 160	7	3,0	100 (Fig. 6.3)	240	120	1,0
IV	> 160	10	> 3,0	170 (Fig. 6.4) 255 (Fig. 6.5)	320	160	1,0
V ^c	≤ 230	10	≥ 4,5	170 (Fig. 6.4)	320 ^d	160 ^d	1,0 ^d

Não será considerado o espraiamento da carga pois não há camada de solo sobre o Canal.

-
- Carga do veículo = 60 kN = 6 tf
- Carga por roda = 3,0 tf
- Carga uniformemente distribuída = 5 tf/m²
- $P = 3,0 \times \frac{1,5}{1,4} \times 1,3 = 4,2$ tf
-
- Serão feitas quatro verificações:
-
- Canal vazio com a roda na extremidade
- Canal vazio com a roda no centro
- Canal cheio de água com a roda na extremidade
- Canal cheio de água com a roda no centro
-

Para especificação da grade ver orçamento em anexo.

As grades dispostas sobre o canal não são fixadas no mesmo, elas são simplesmente apoiadas com folga de 2,0cm de cada lado. Posto isto, para o modelo foi considerado apenas as cargas referentes as grades, elas não foram modeladas junto com o canal.

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**102
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

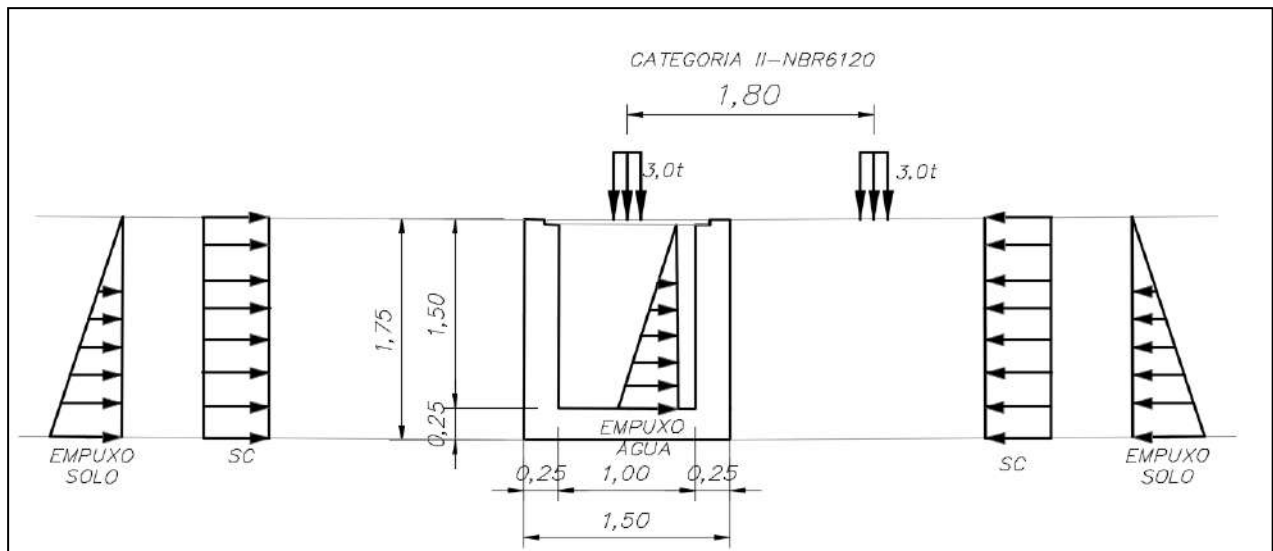
0

10.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de Veículo
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
-

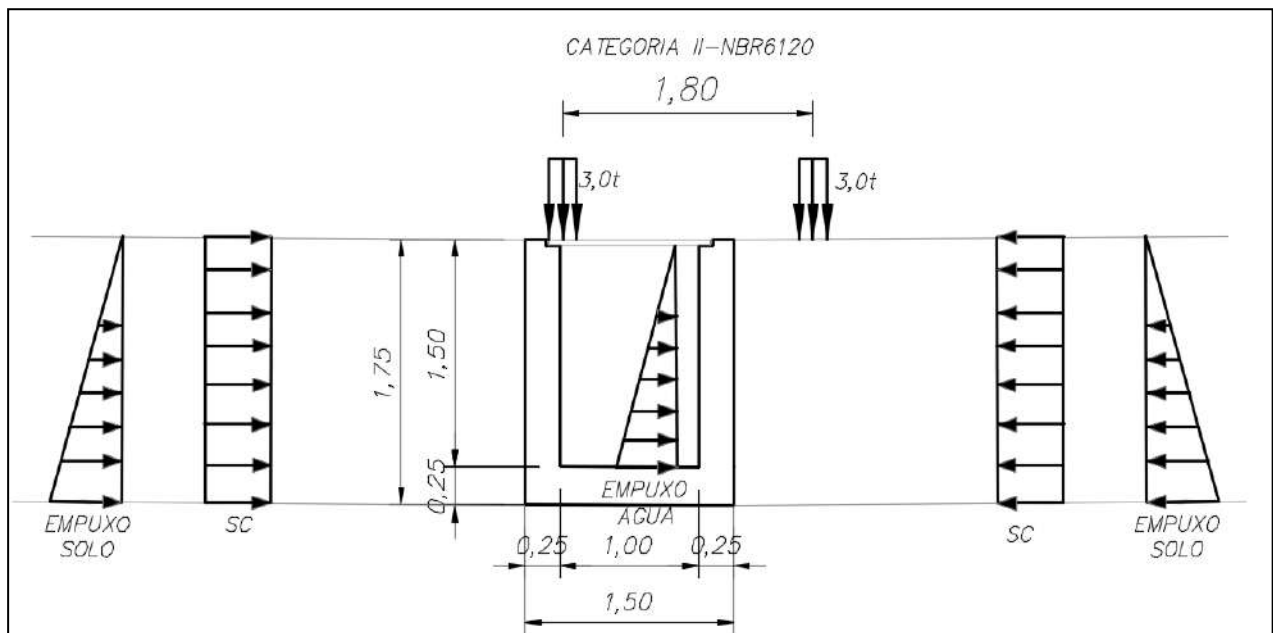
Carga veículo categoria II da NBR 6120

-



-

-



-

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 103 /20.0236	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0	

Carregamento sobre a grade:

$Veículo\ classe\ II = 4,20\ tf$

$PP_{grade} = 100\ kg/m^2 = 0,10\ tf/m^2$

Carregamento sobre a laje de fundo:

$PP_{água} = \gamma_{água} \cdot h = 1,0 \times 1,50 = 1,50\ tf/m^2$

$PP_{laje} = \gamma_{conc} \cdot h = 2,5 \times 0,25 = 0,625\ tf/m^2$

Carregamento lateral nas paredes:

$E_{solo} = \gamma_{solo} \cdot h \cdot k_a = 1,7 \times 1,63 \times 0,333 = 0,921\ tf/m^2$

$E_{água} = \gamma_{água} \cdot h = 1,0 \times 1,50 = 1,50\ tf/m^2$

$PP_{parede} = \gamma_{conc} \cdot h \cdot e = 2,5 \times 1,63 \times 0,25 = 1,016\ tf/m$

$SC = sc \cdot k_a = 5,0 \times 0,333 = 1,667\ tf/m^2$

- Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade, compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

-
-
- Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15\ MPa/m$.
-

Para a distância entre nós de 25 cm temos:

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**104
/20.0236**

Nº DF+

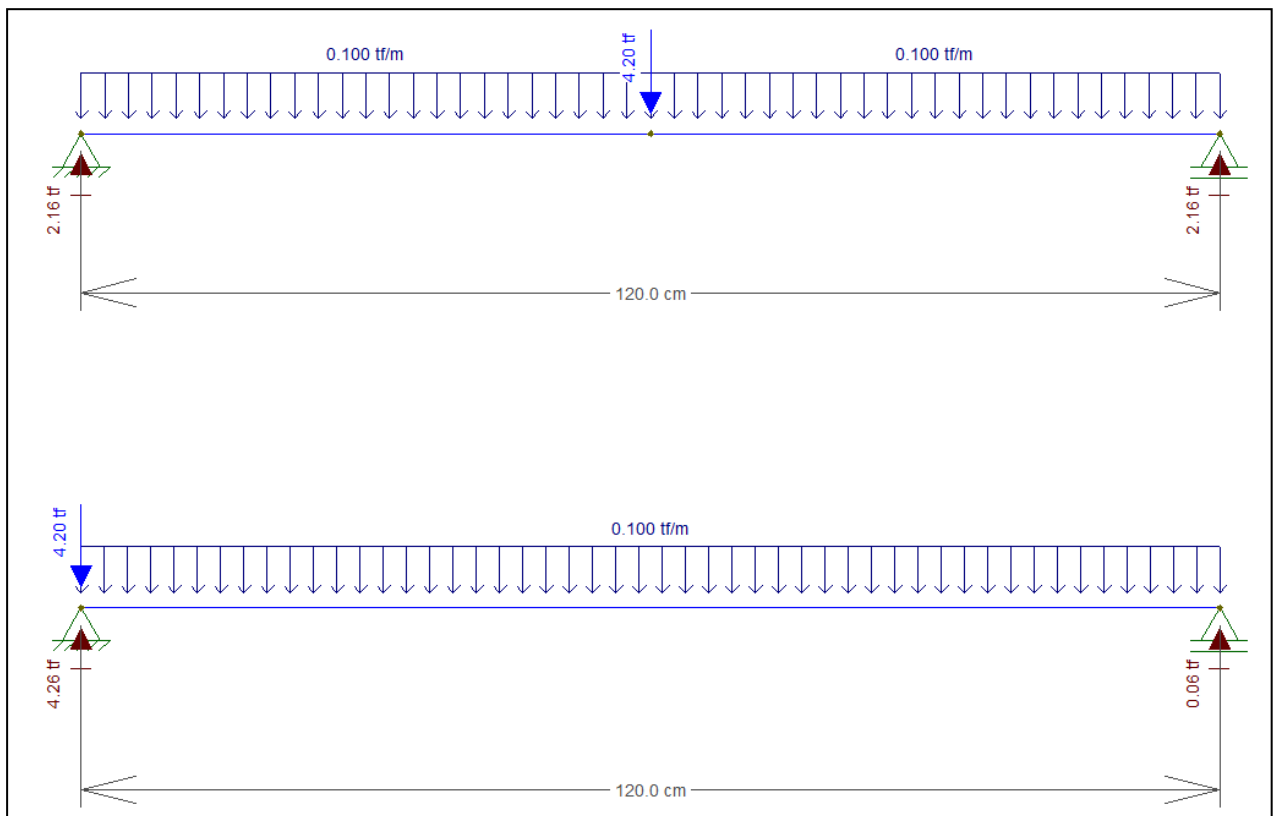
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

$$1500 \text{ tf/m}^3 \times 0,25 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 375 \text{ tf/m}$$

10.2 ESFORÇOS NA GRADE



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**105
/20.0236**

Nº DF+

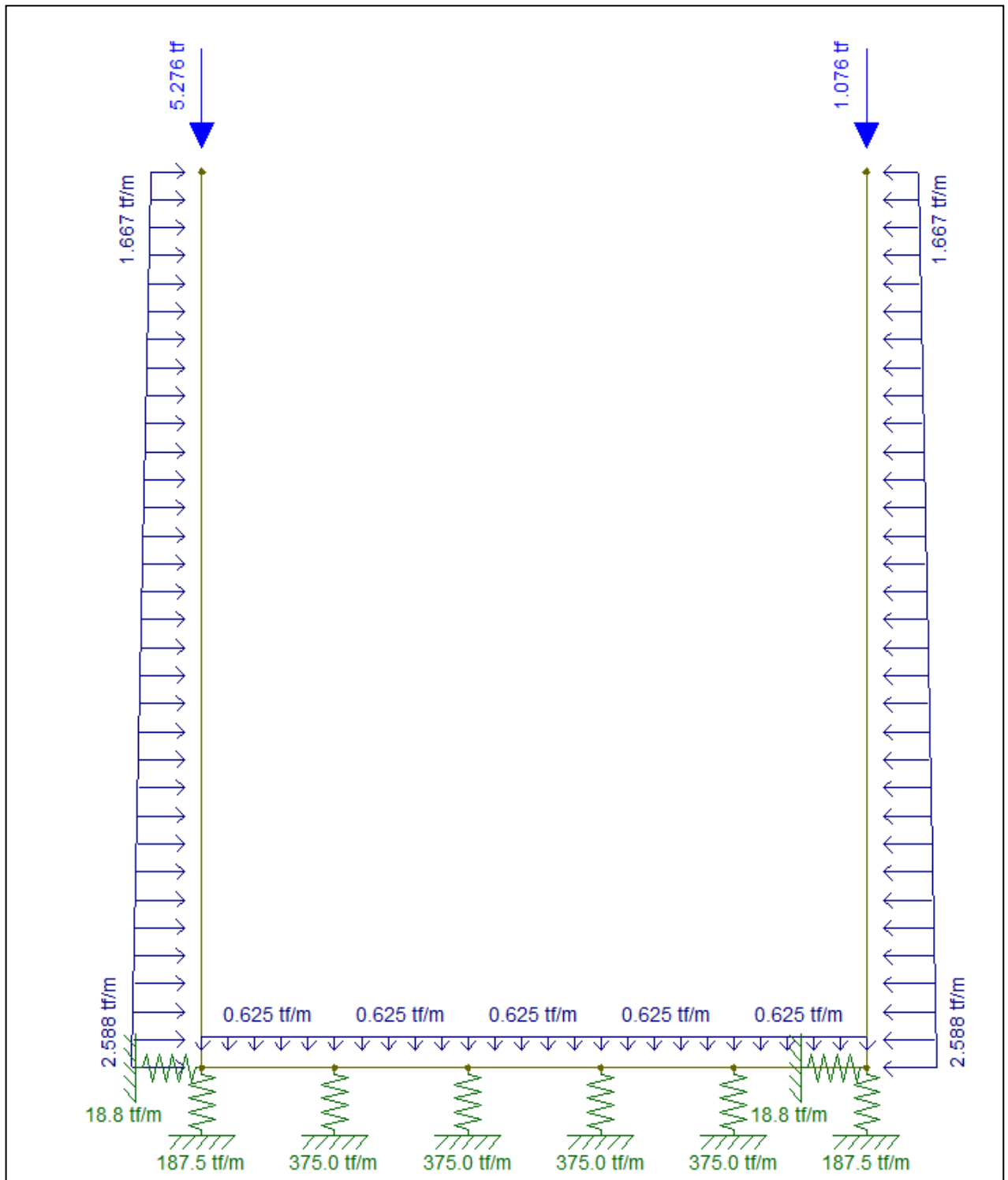
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

10.3 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO - RODA NA EXTREMIDADE

- Esforços



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**106
/20.0236**

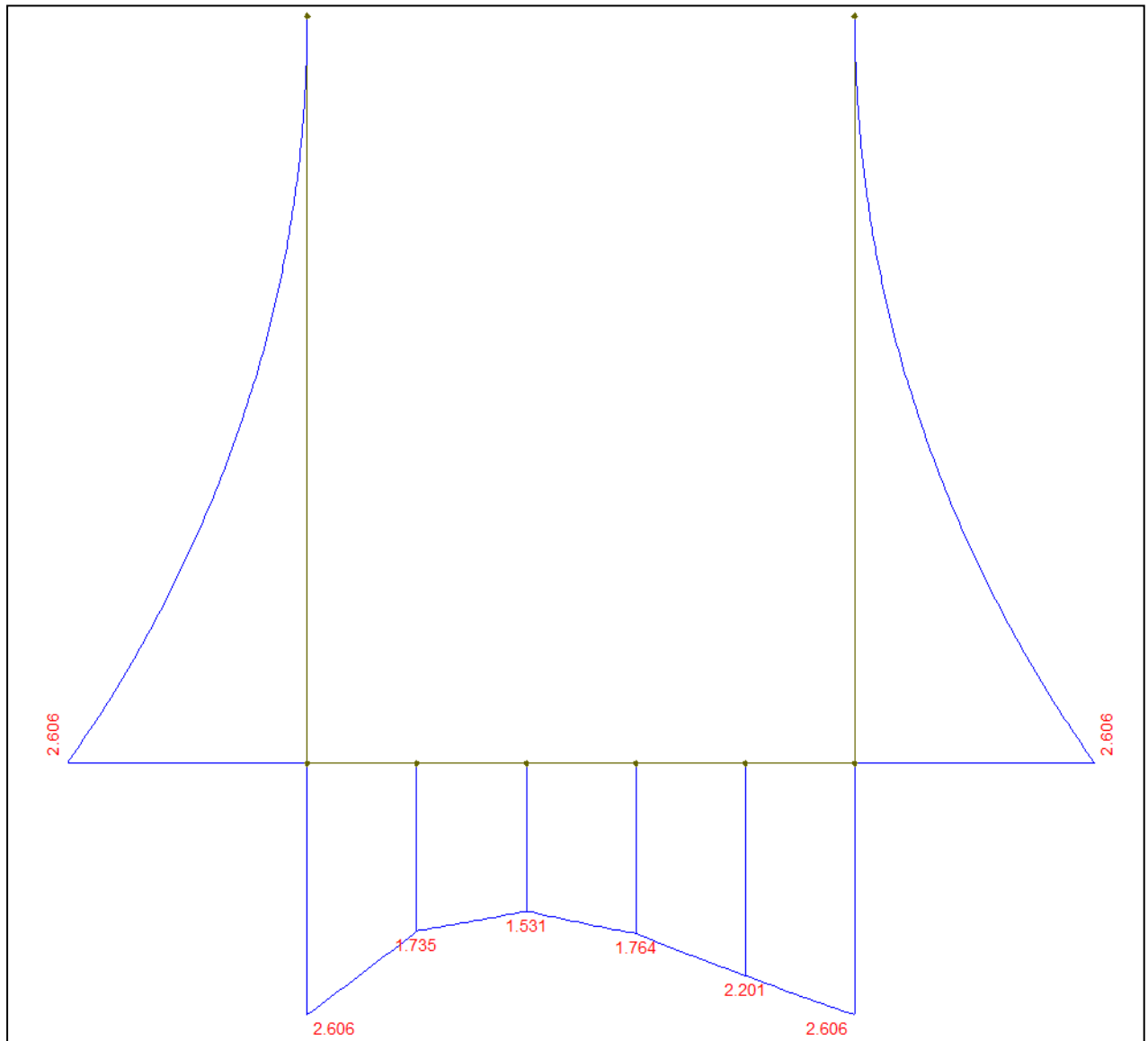
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra $x/d = 0,45$												
LAJE	Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	2606	50	0,00	4,31	4,31	0,141	10	18,2	ϕ 10,0 c/ 18,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**107
/20.0236**

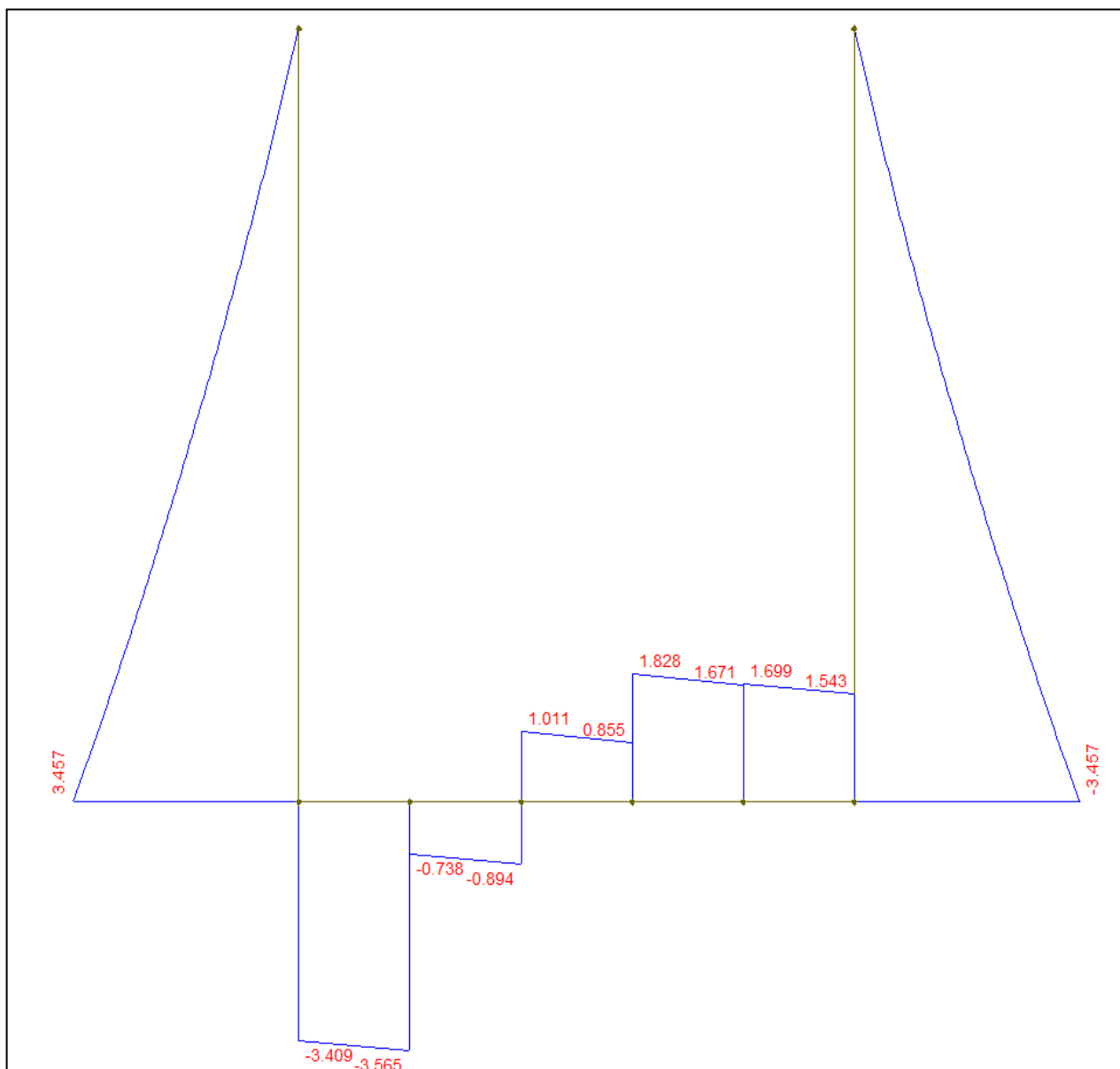
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

 108
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento

Descrição Geral:	OE		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	35,7	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,250	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,200	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	343	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	A _s / (b _w · d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s + γ _f / (b _w · h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	121,65	kN
V _d	V + γ _f	49,98	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 + α _{v1} · f _{cd} · b _w · d + 0,9	964,29	kN
Vd < VRd2 - OK!			

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

109
/20.0236

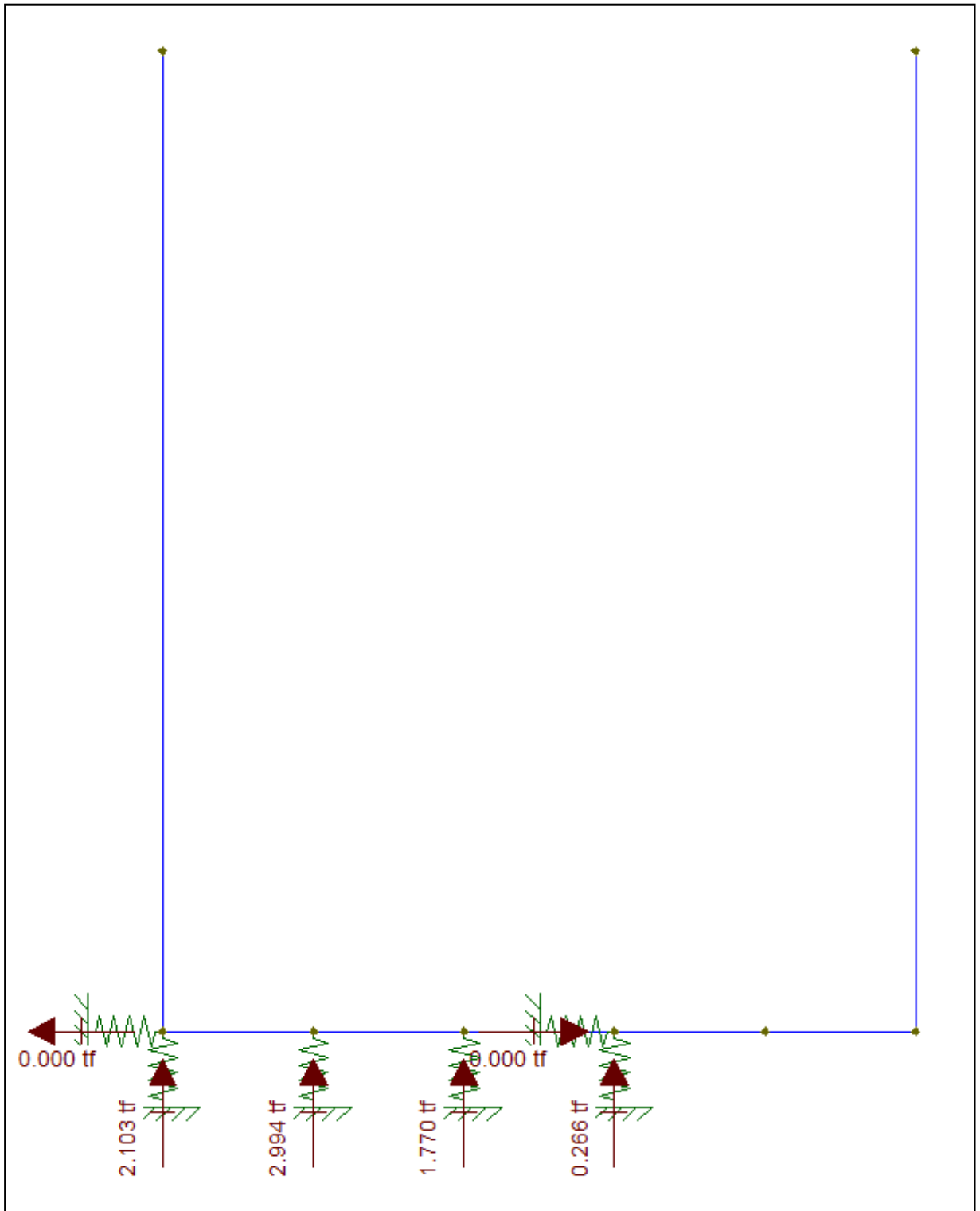
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Reações:



-
-
- Reação máxima = 2994kgf

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

110
/20.0236

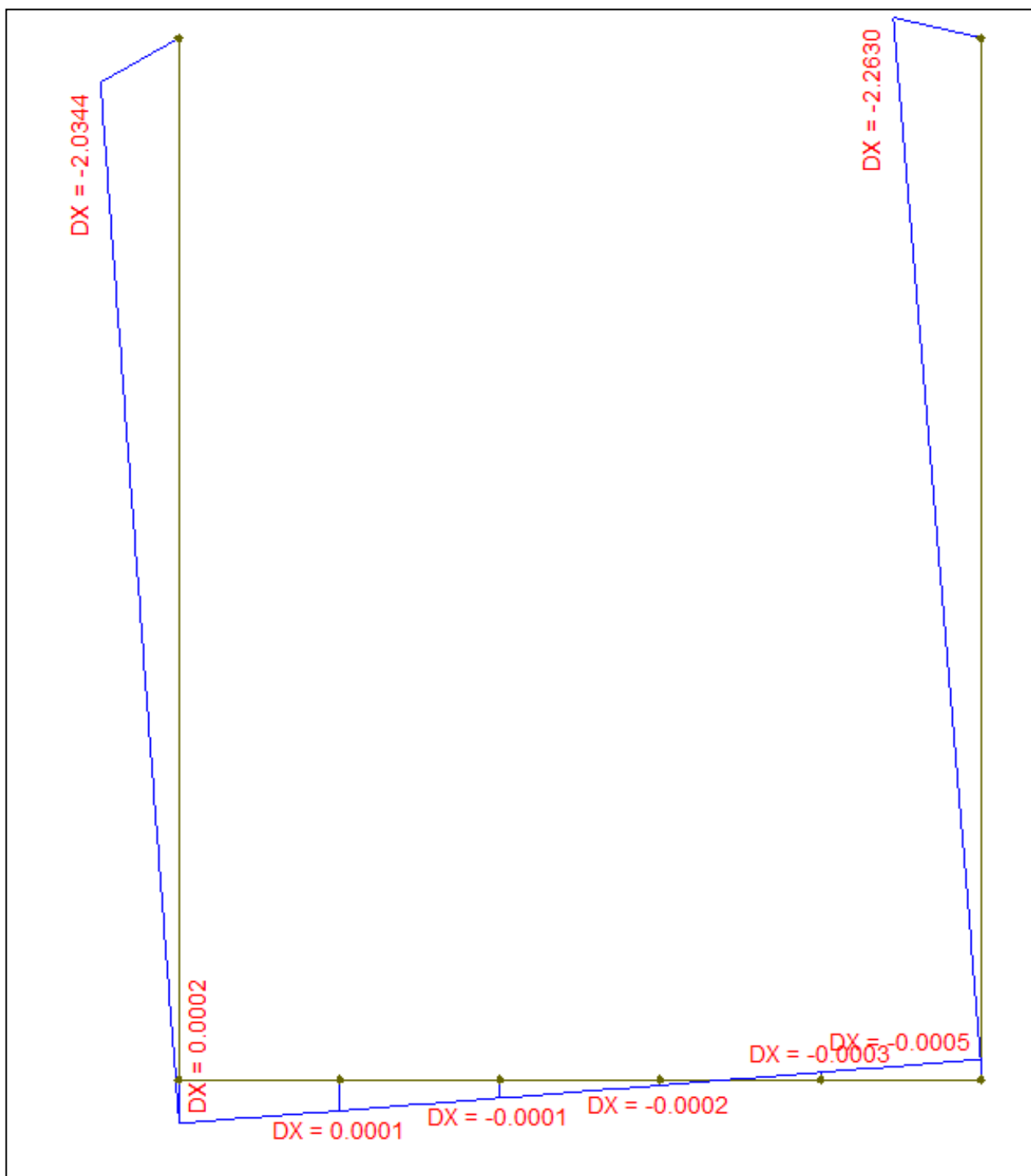
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

-
- Tensão máxima = $2994 / (25 \times 100) = 1,198 \text{ Kgf/cm}^2$
- Deformações:



-
- Deformação máxima horizontal = $2,263 - 2,034 = 0,229 \text{ cm}$

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

111
/20.0236

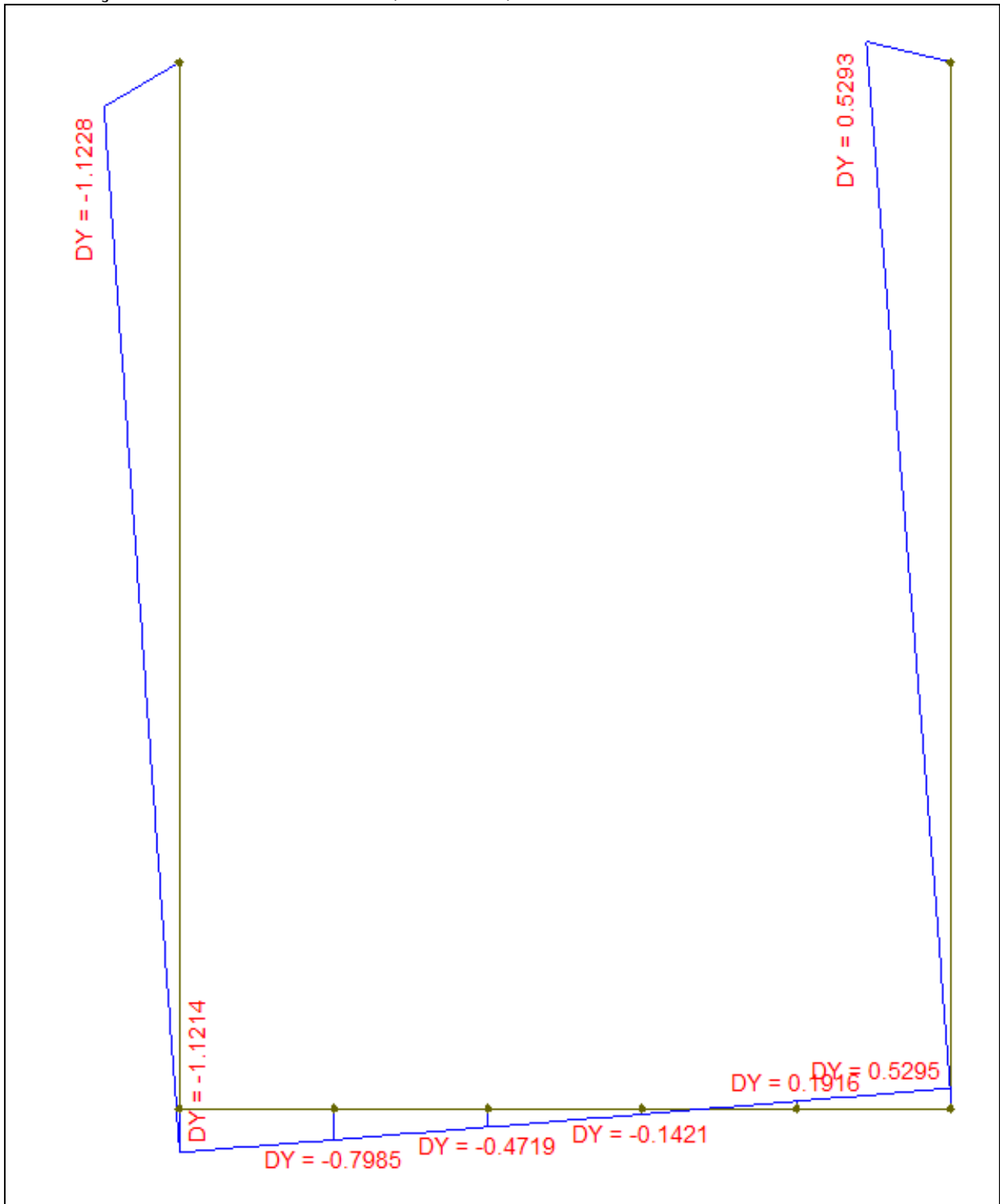
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

-
- Deformação horizontal limite = $162,5/150 = 1,083$ cm



-
- Deslocamento máxima vertical = 1,122 cm

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**112
/20.0236**

Nº DF+

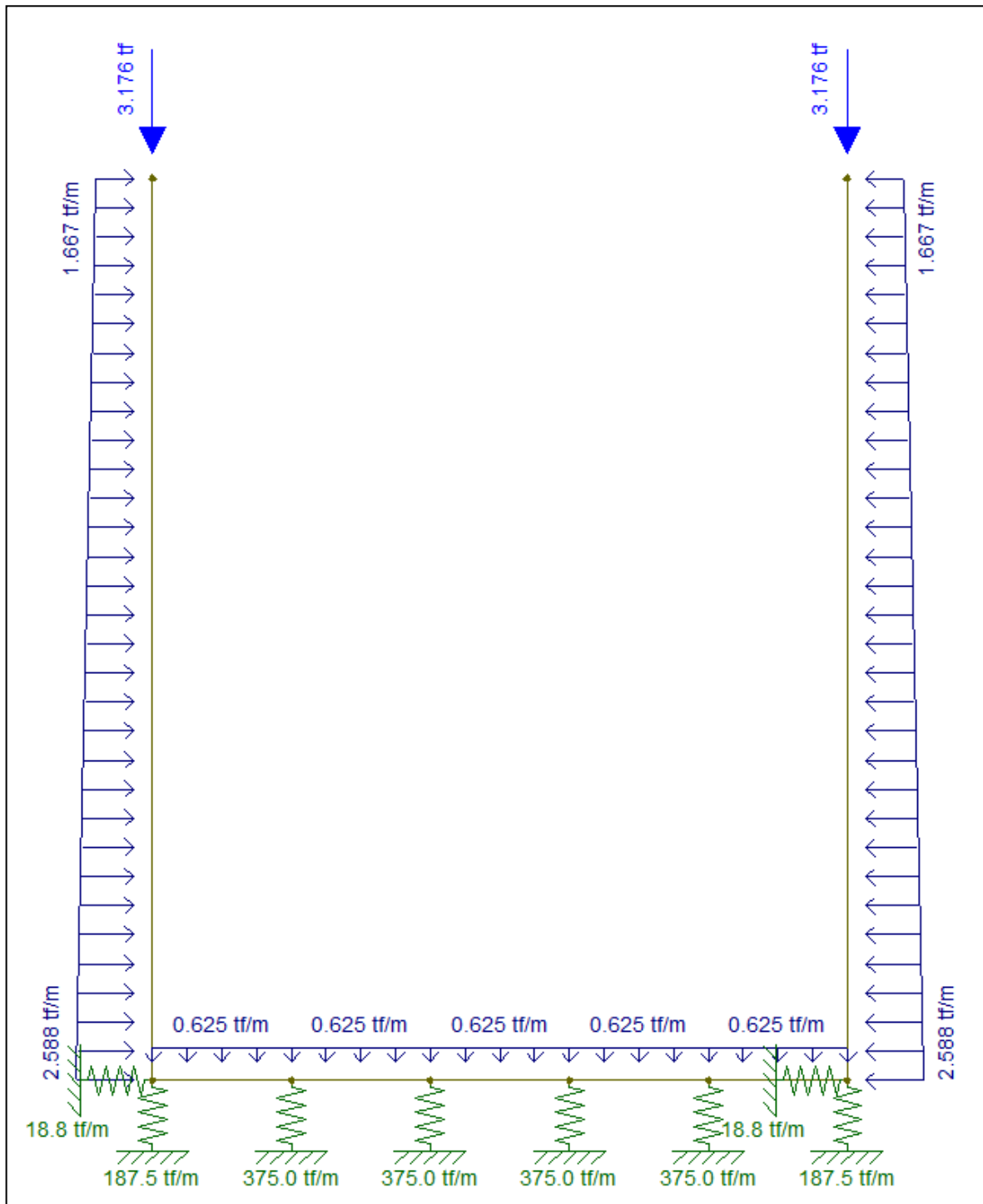
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

10.4 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO - RODA NO EIXO

- Esforços

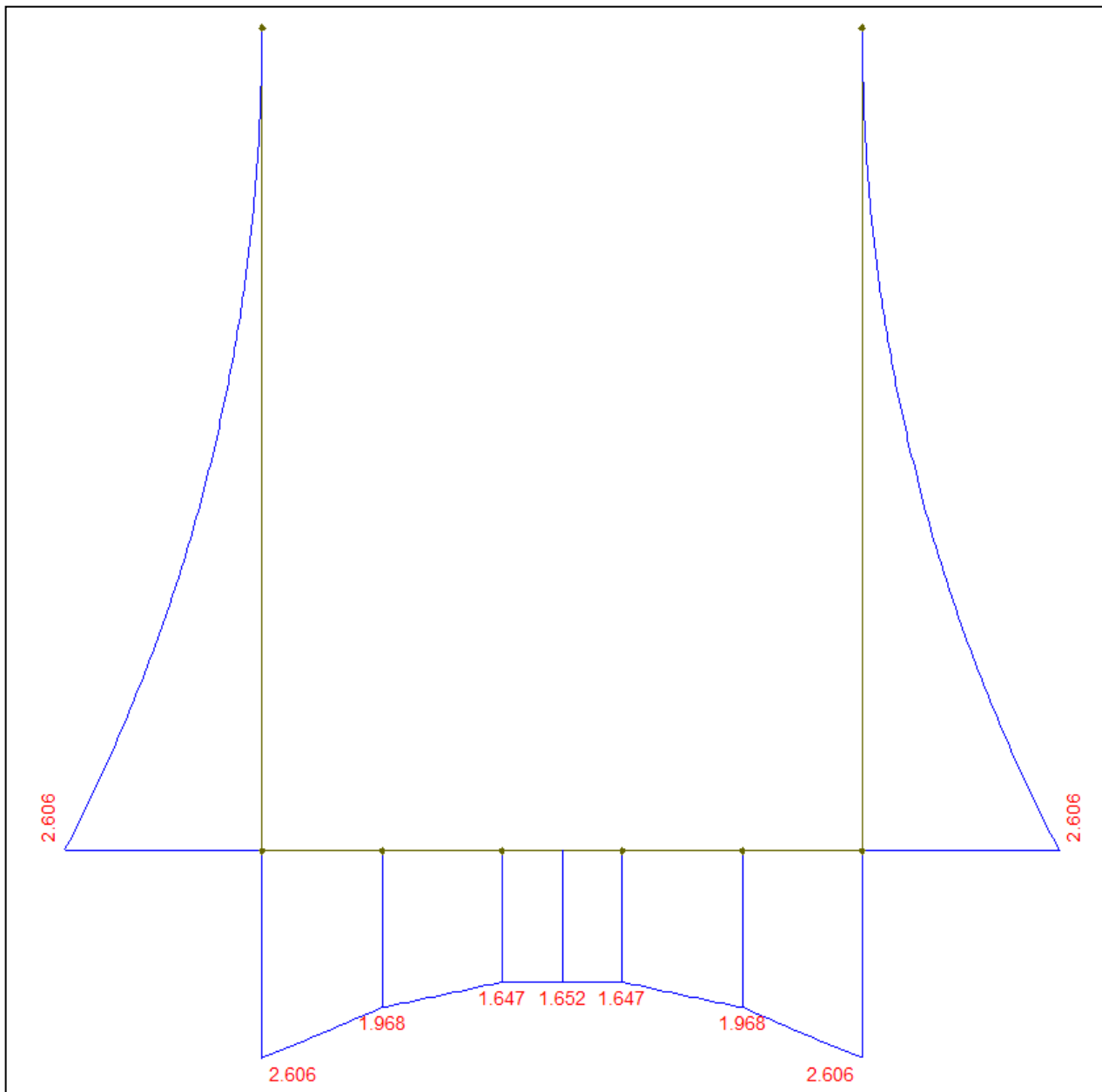


PROJETO DETALHADO
 BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
 NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
 ESTRUTURAL
 MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC
 -
 Nº DF+
 DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA
 113
 /20.0236
 REV.
 0

- Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)= 30 w_k = 0,2 mm Posição limite da linha neutra x/d = 0,45		d' (cm)= 5 Espaçamento máximo = 20 cm		Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s								
LAJE	Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kg ^f *m)	f_{yk} (KN/cm ²)	As' (cm ²)	As (cm ²)	As _{ris} (cm ²)	W _{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	2606	50	0,00	4,31	4,31	0,141	10	18,2	ø 10,0 c/ 18,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**114
/20.0236**

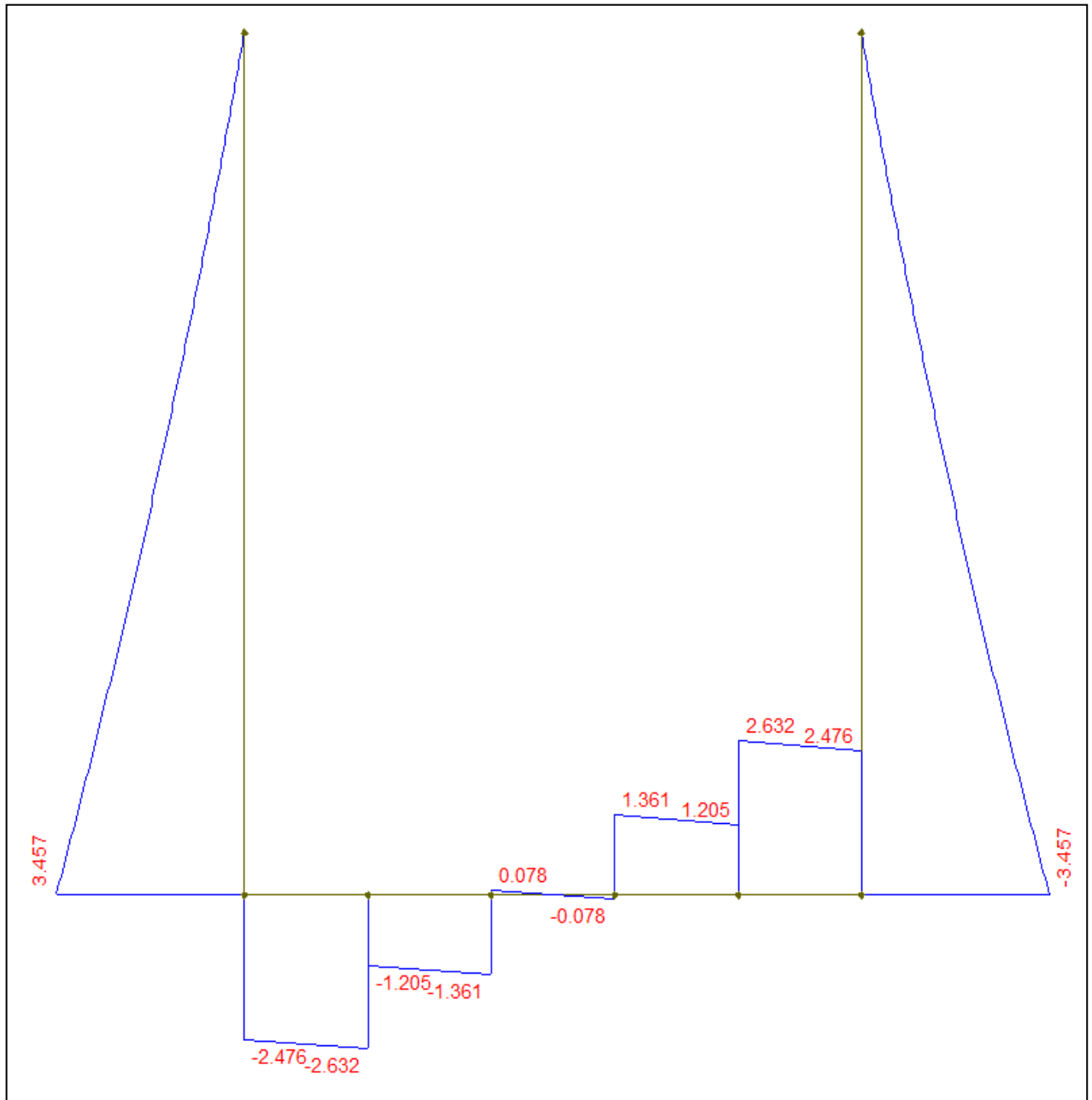
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

 115
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento

Descrição Geral:	OE		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	34,6	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,250	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,200	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	343	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	A _s / (b _w · d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s · γ _f / (b _w · h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	121,65	kN
V _d	V · γ _f	48,44	kN
Não é necessário armar: V_d < V_{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 · α _{v1} · f _{cd} · b _w · d · 0,9	964,29	kN
V_d < V_{Rd2} - OK!			

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**116
/20.0236**

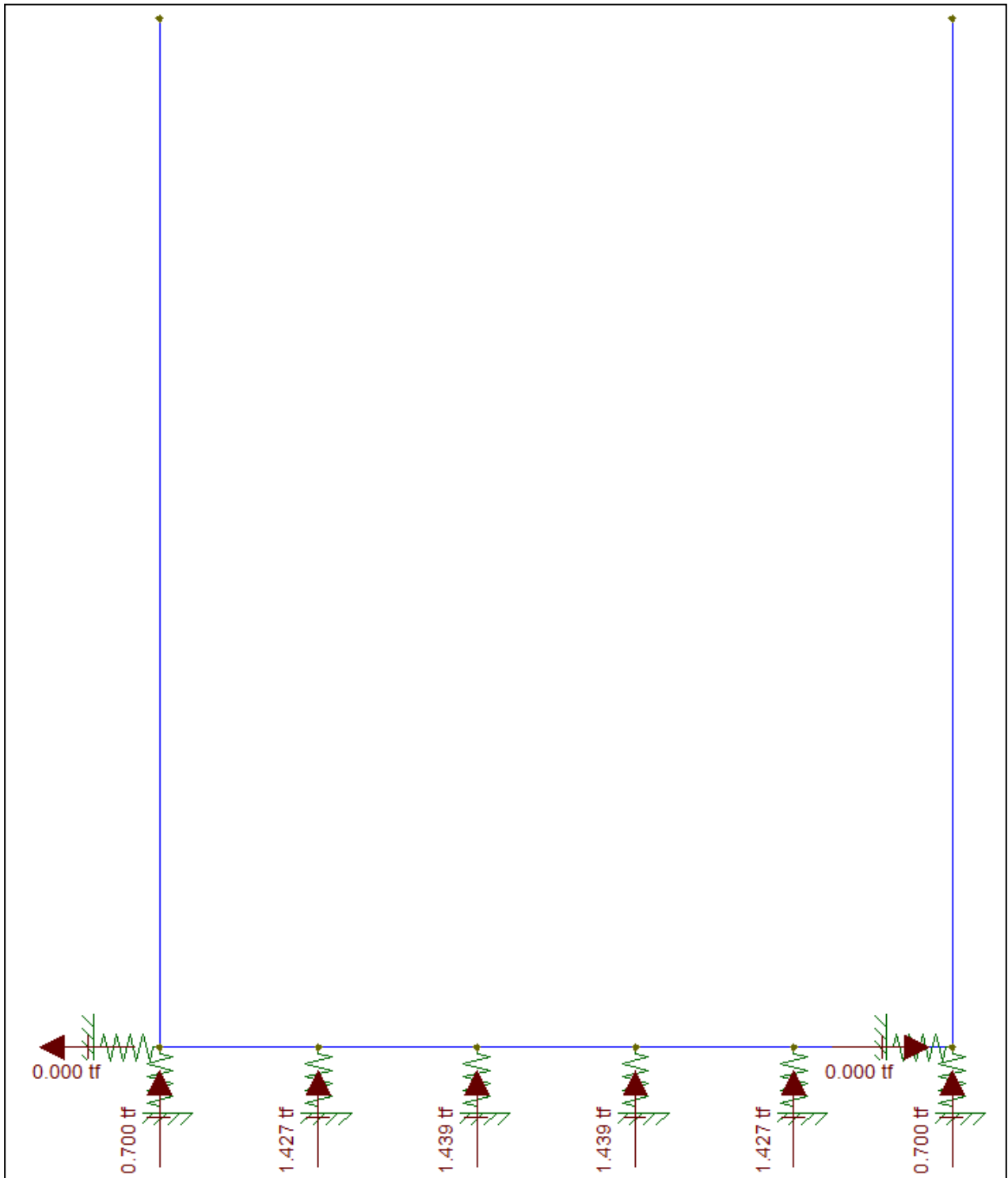
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Reações:



-
-
- Reação máxima = 1439kgf
- Tensão máxima = $1439 / (25 \times 100) = 0,576 \text{ Kgf/cm}^2$

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

117
/20.0236

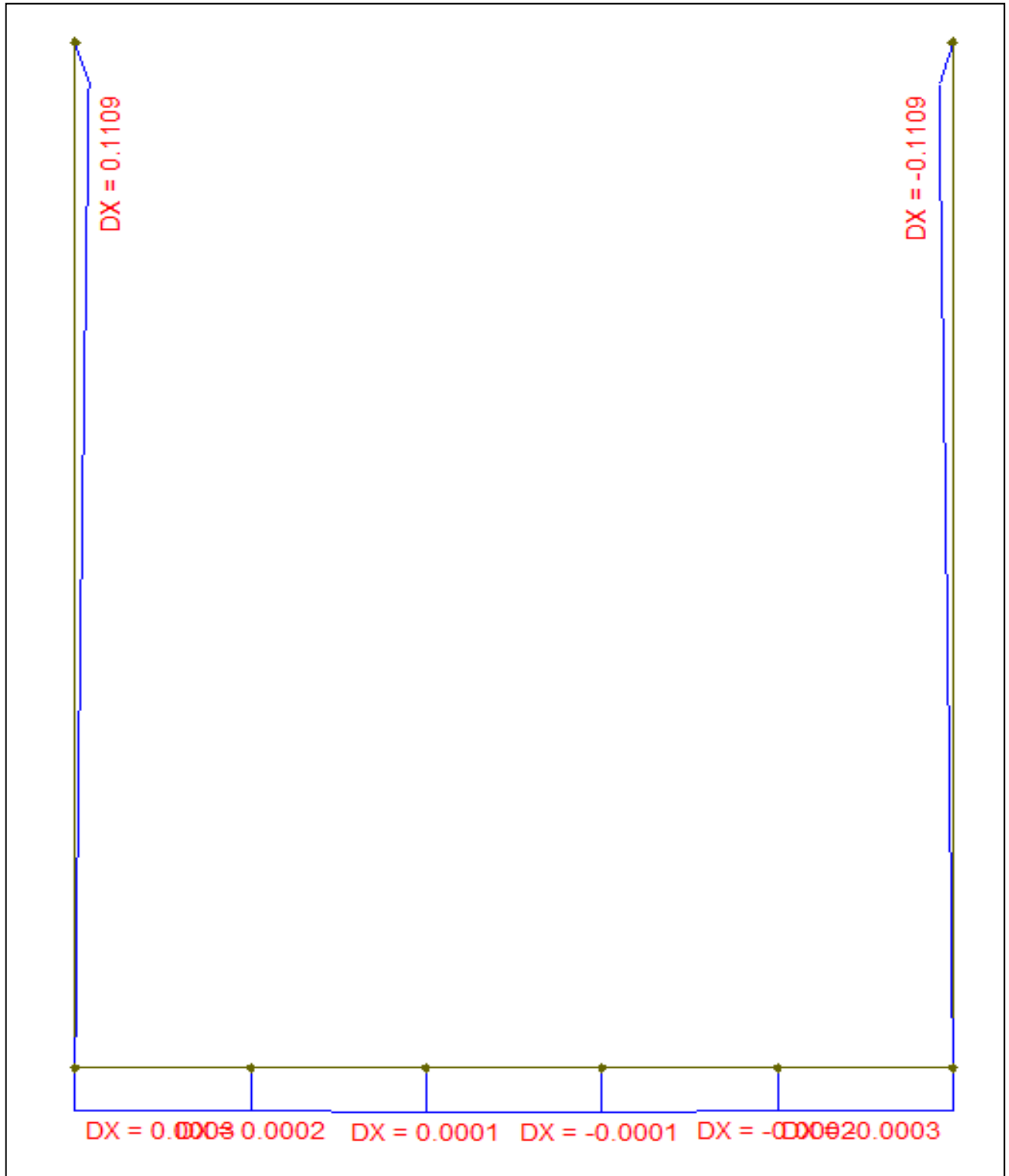
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

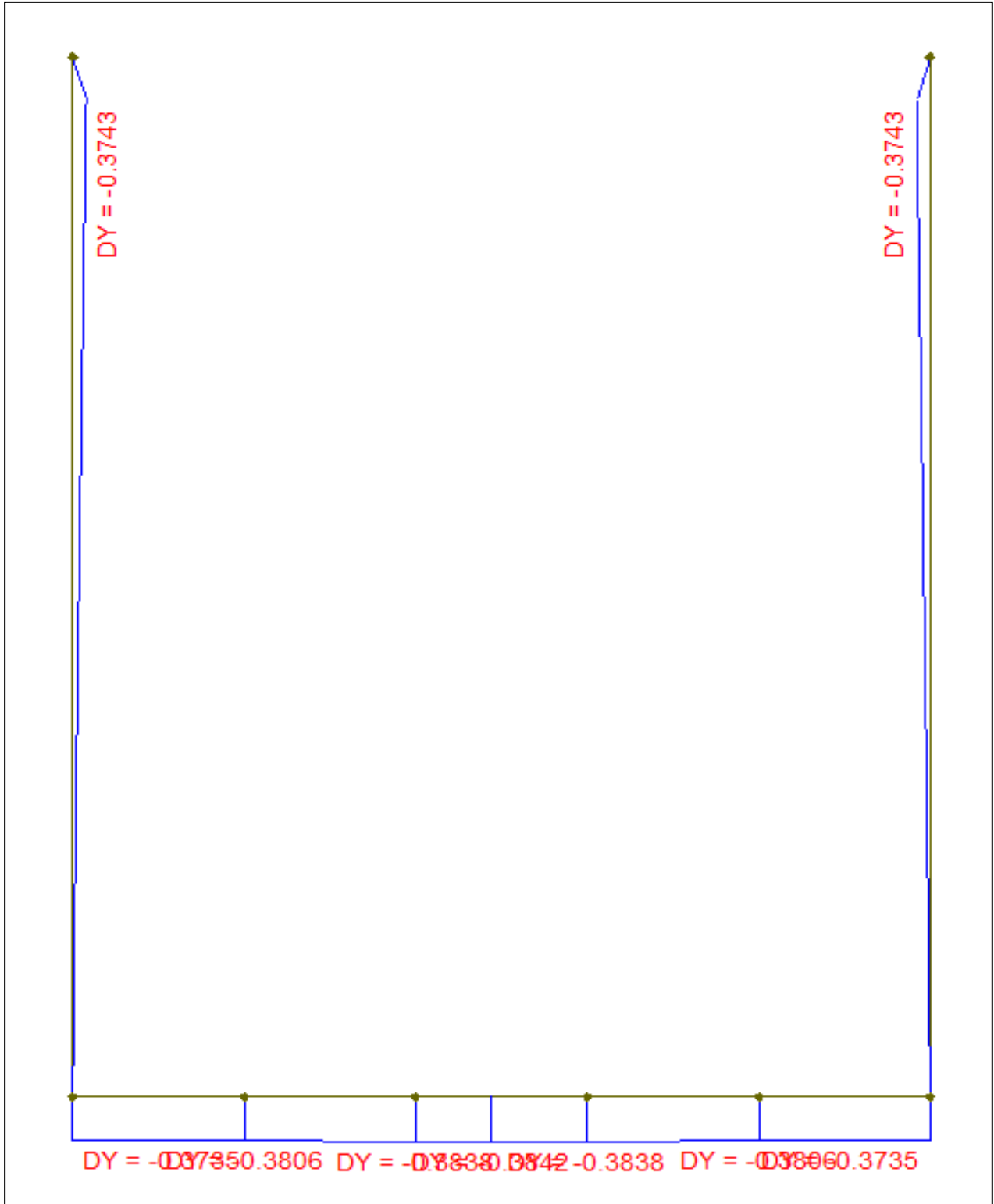
-
- Deformações:



-
- Deformação máxima horizontal = 0,111 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 118 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Deformação horizontal limite = $162,5/150 = 1,083$ cm

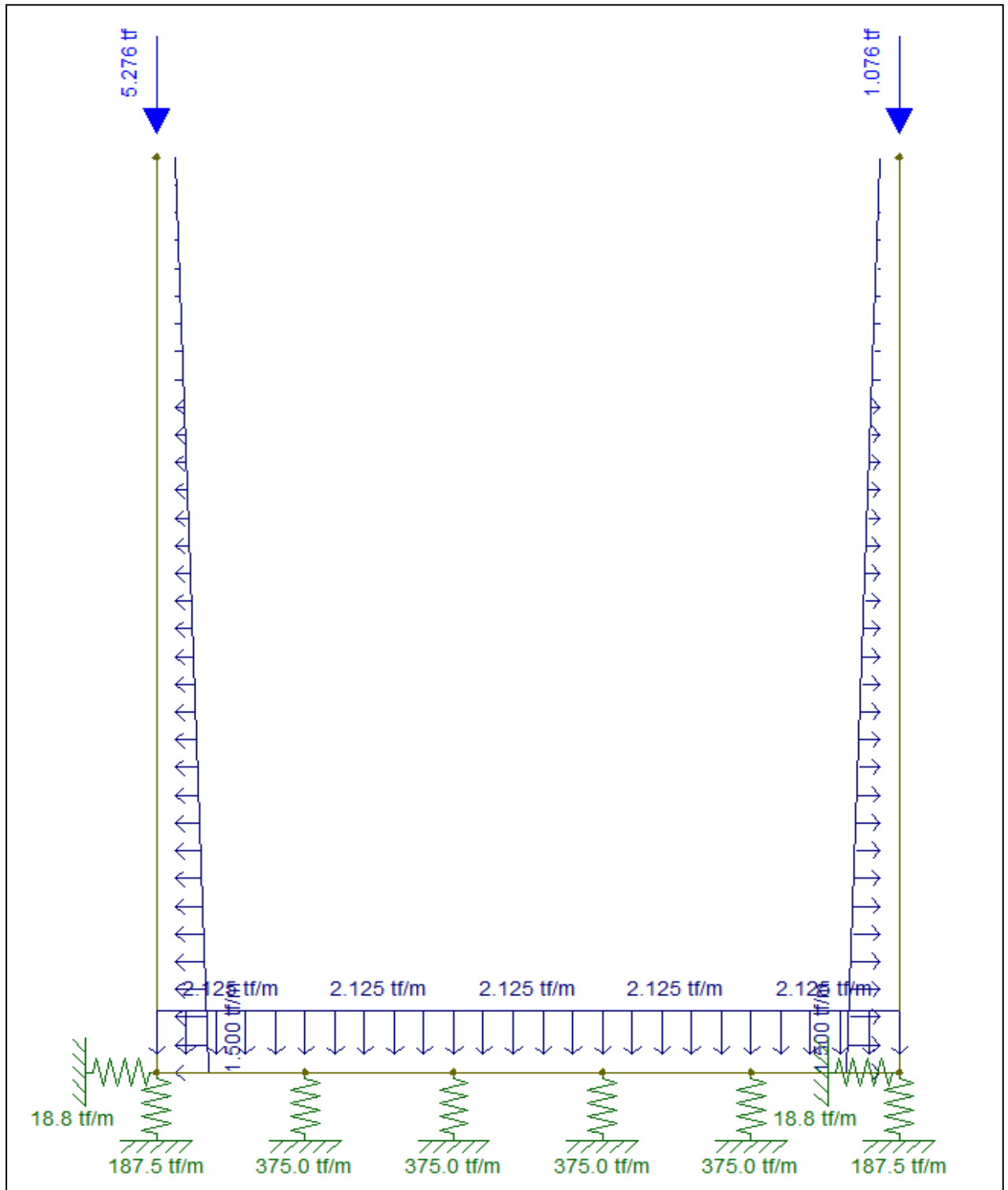


-
-
- Deformação máxima vertical = 0,384 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 119 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

10.5 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO - RODA NA EXTREMIDADE

- Esforços



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**120
/20.0236**

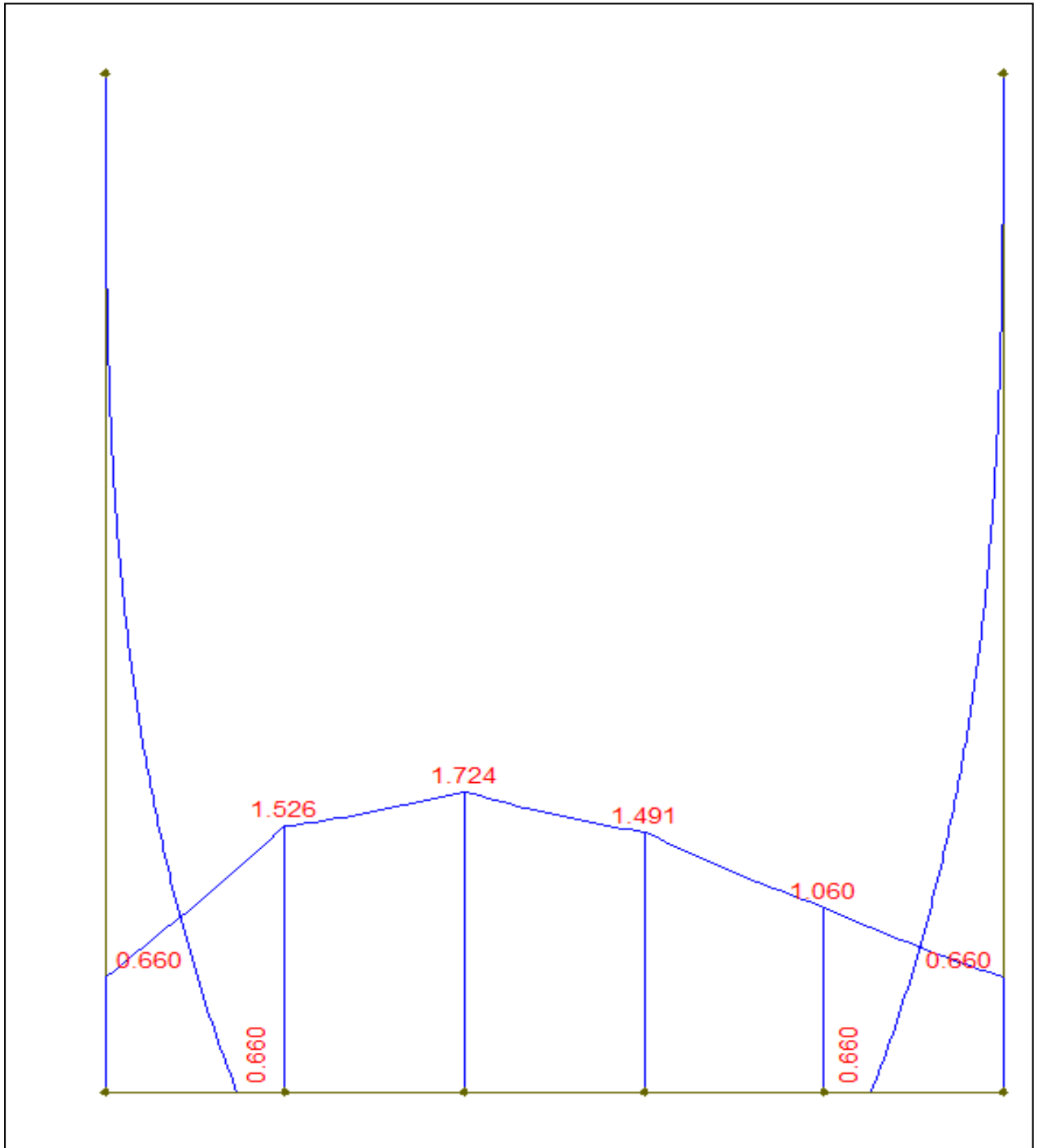
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor



		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 121 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

f_{ck} (Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s w_k = 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	As' (cm ²)	As (cm ²)	As _{fiss} (cm ²)	W _{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	20	1724	50	0,00	2,82	3,75	0,087	10	20,9 ø 10,0 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

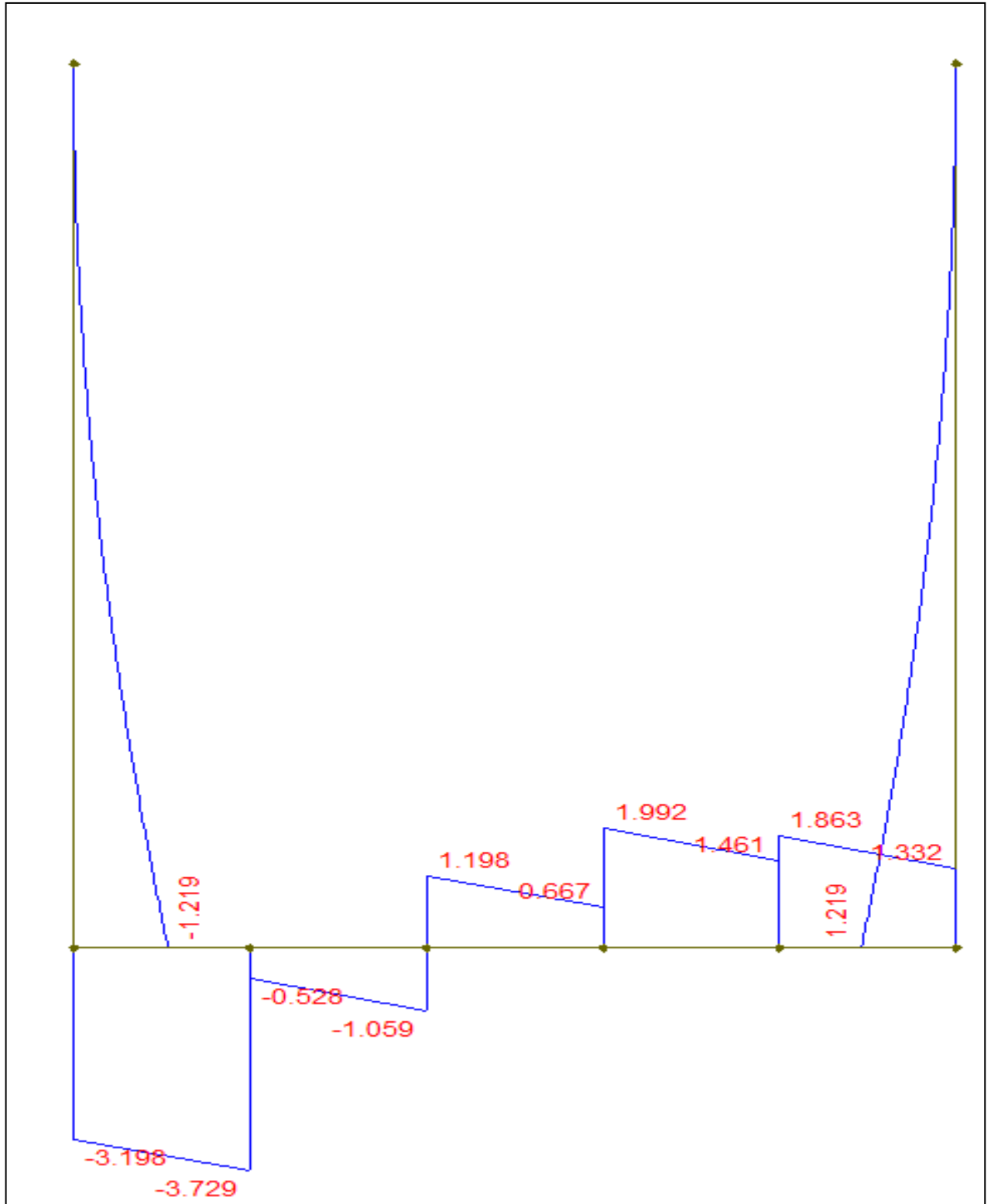
122
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

 123
/20.0236

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	OE		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	37,3	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,250	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²	
Área de concreto (Ac)	0,200	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (fywd)- Item 19.4.2	343	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
fctd	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	As / (bw · d)	0,0000	
σcp	Ns · γf / (bw · h)	0,00	MPa
VRd1	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	121,65	kN
Vd	V · γf	52,22	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
αv1	0,7 - fck / 200	0,500	
VRd2	0,5 · αv1 · fcd · bw · d · 0,9	964,29	kN
Vd < VRd2 - OK!			

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

124
/20.0236

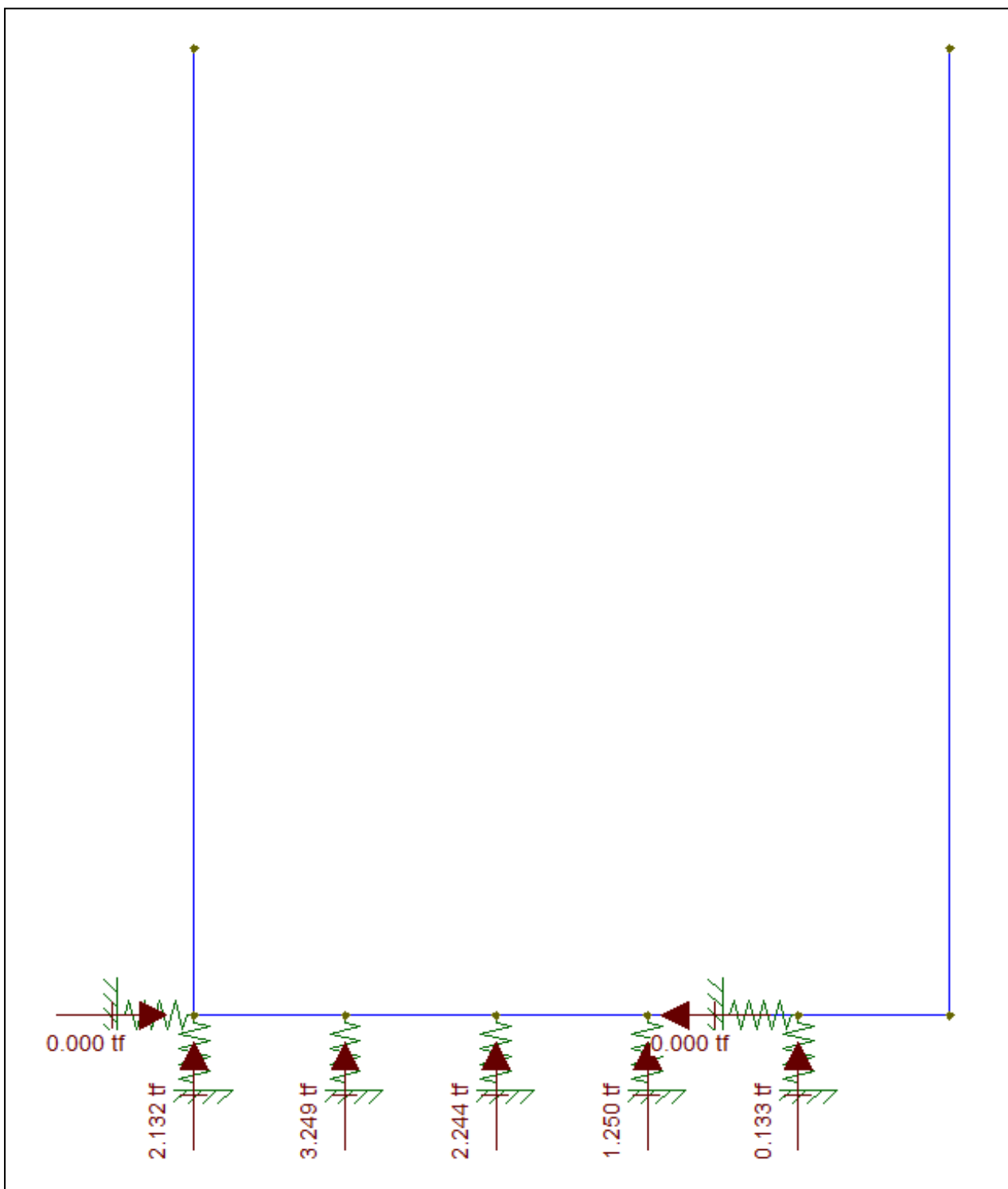
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Reações:



- Reação máxima = 3249 kgf
- Tensão máxima = $3249 / (25 \times 100) = 1,30 \text{ Kg/cm}^2$

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

125
/20.0236

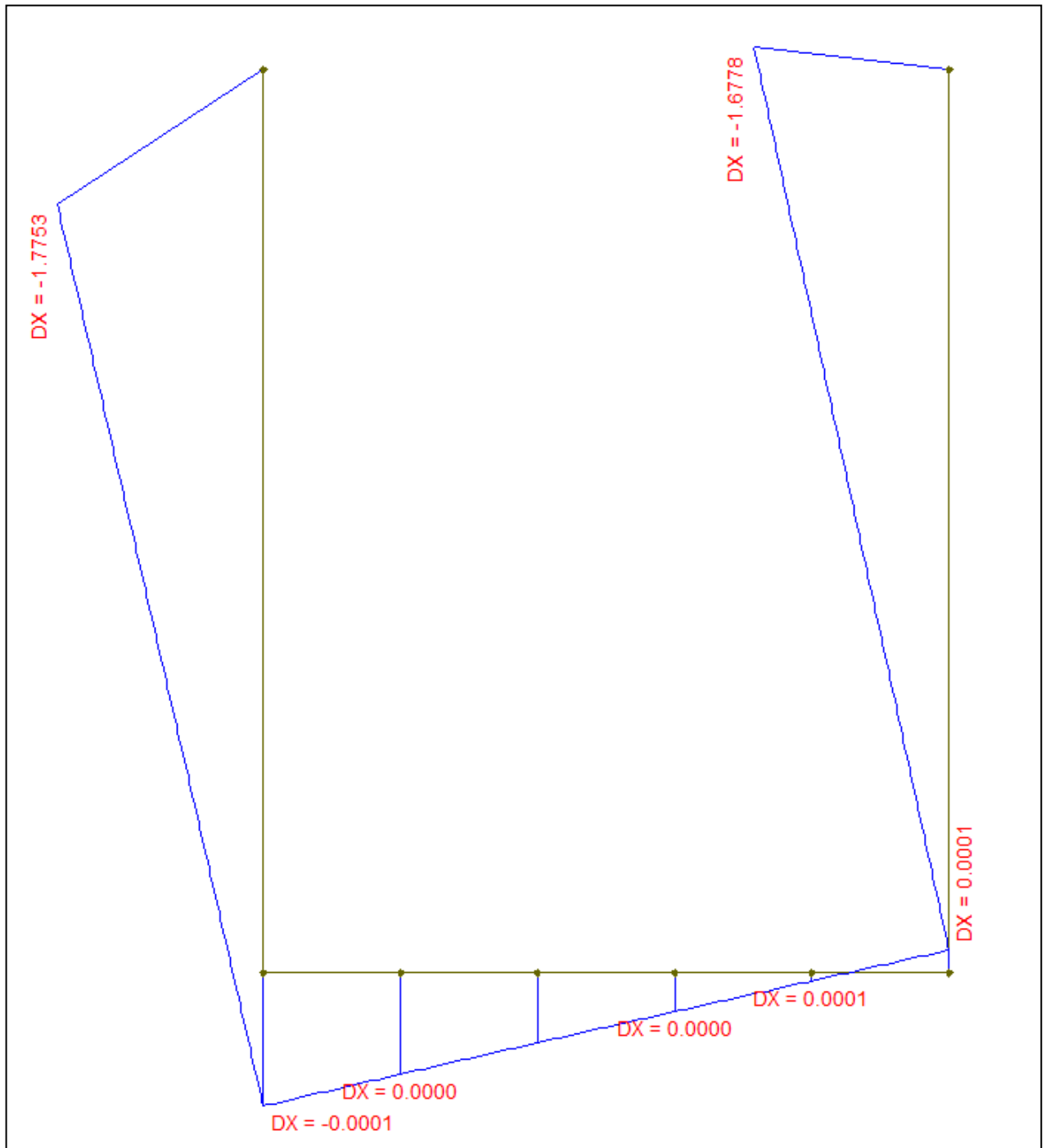
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

-
- Deformações:



-
- Deformação máxima horizontal = $1,776 - 1,678 = 0,098$ cm
- Deformação horizontal limite = $162,5/150 = 1,083$ cm

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

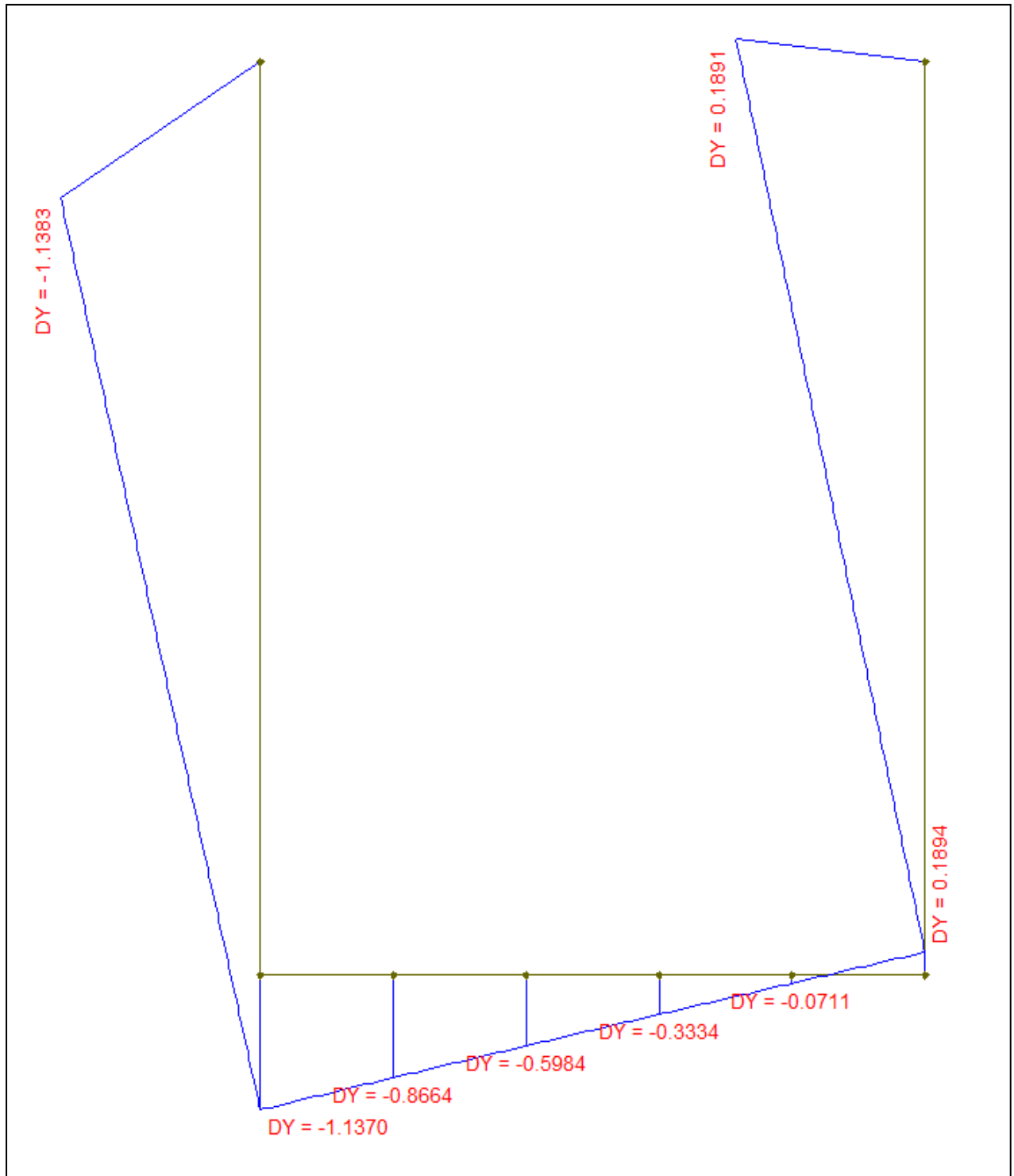
126
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



-
- Deslocamento máximo vertical = 1,138 cm

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**127
/20.0236**

Nº DF+

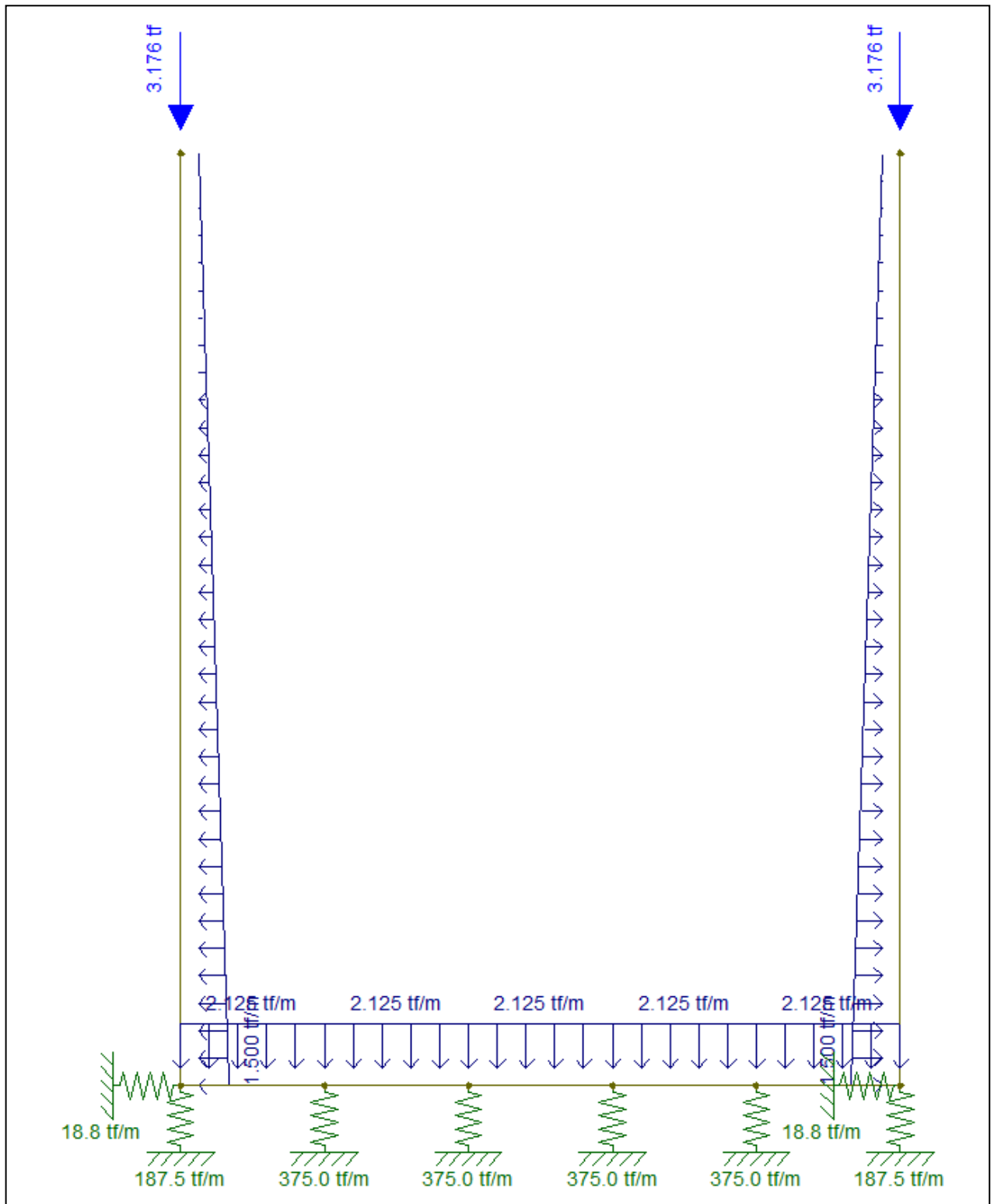
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

10.6 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO - RODA NO EIXO

- Esforços



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**128
/20.0236**

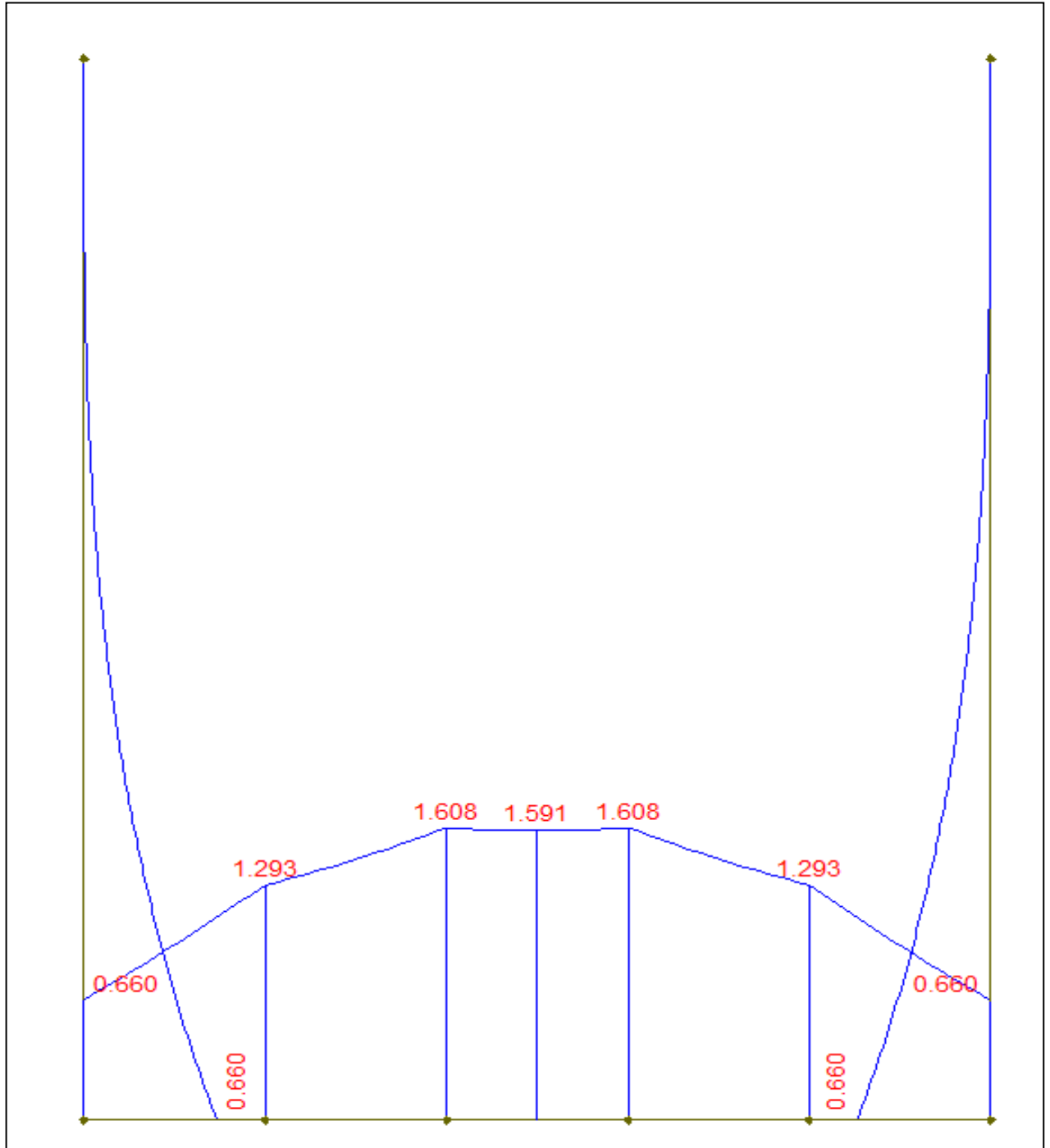
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor



		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 129 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

f_{ck} (Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s													
w_k = 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm													
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45													
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	As' (cm ²)	As (cm ²)	As _{ress} (cm ²)	W _{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
L1	Horizontal	N	25	20	1608	50	0,00	2,63	3,75	0,076	10	20,9	ø 10,0 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

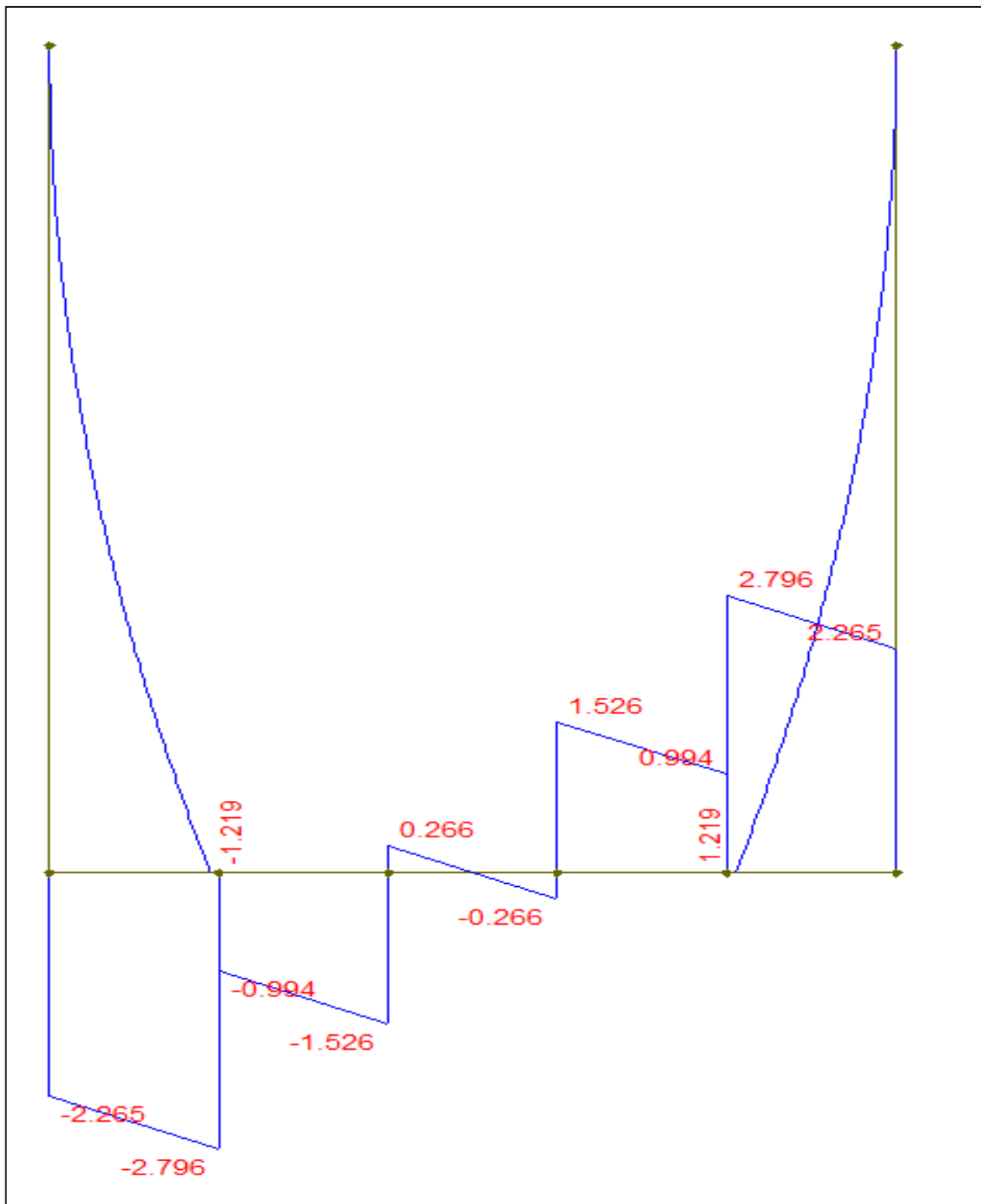
130
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

 131
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento

Descrição Geral:	OE		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	28,0	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,250	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,200	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	343	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	A _s / (b _w · d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s · γ _f / (b _w · h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	121,65	kN
V _d	V · γ _f	39,20	kN
Não é necessário armar: V_d < V_{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 · α _{v1} · f _{cd} · b _w · d · 0,9	964,29	kN
V_d < V_{Rd2} - OK!			

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

132
/20.0236

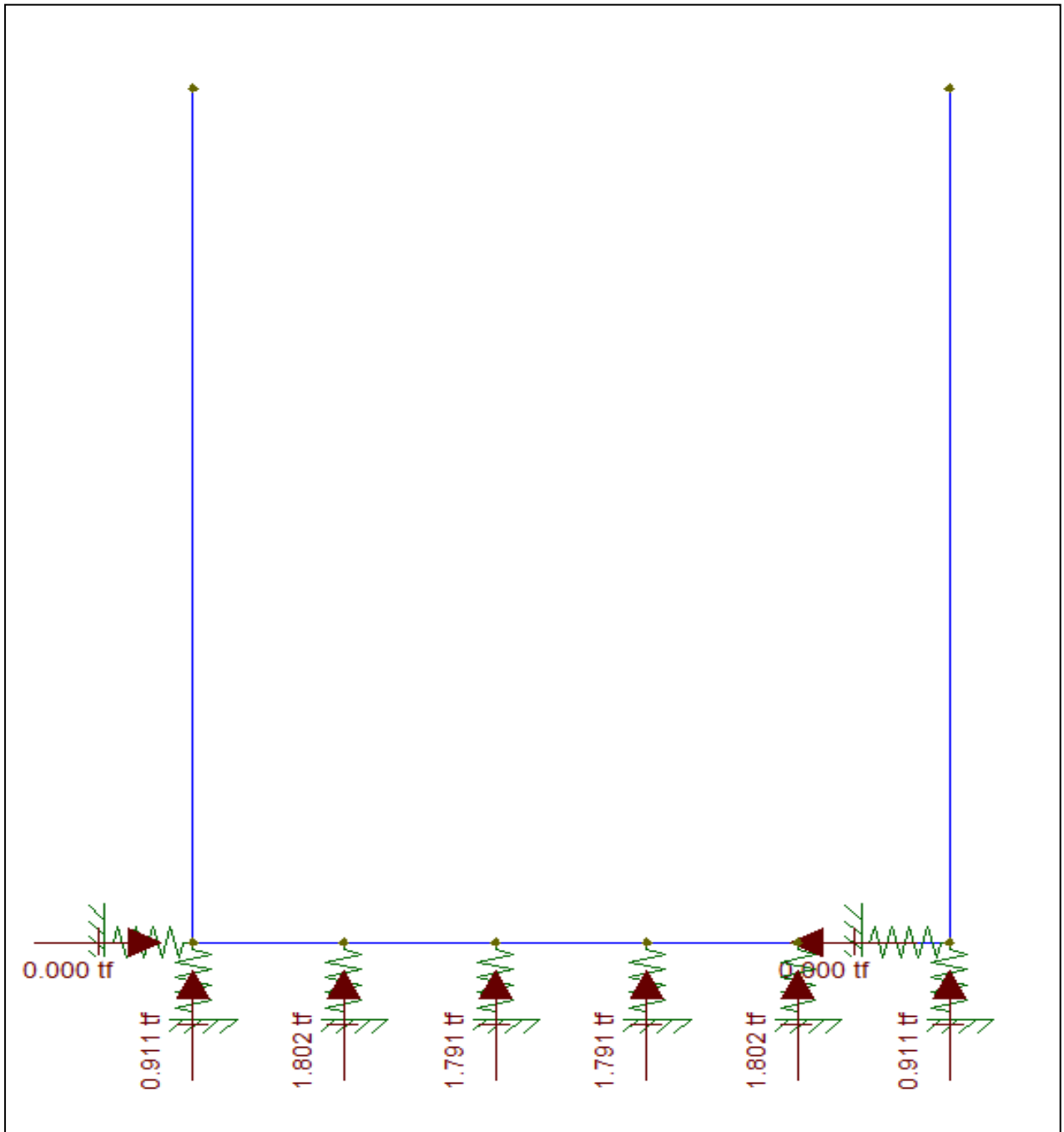
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

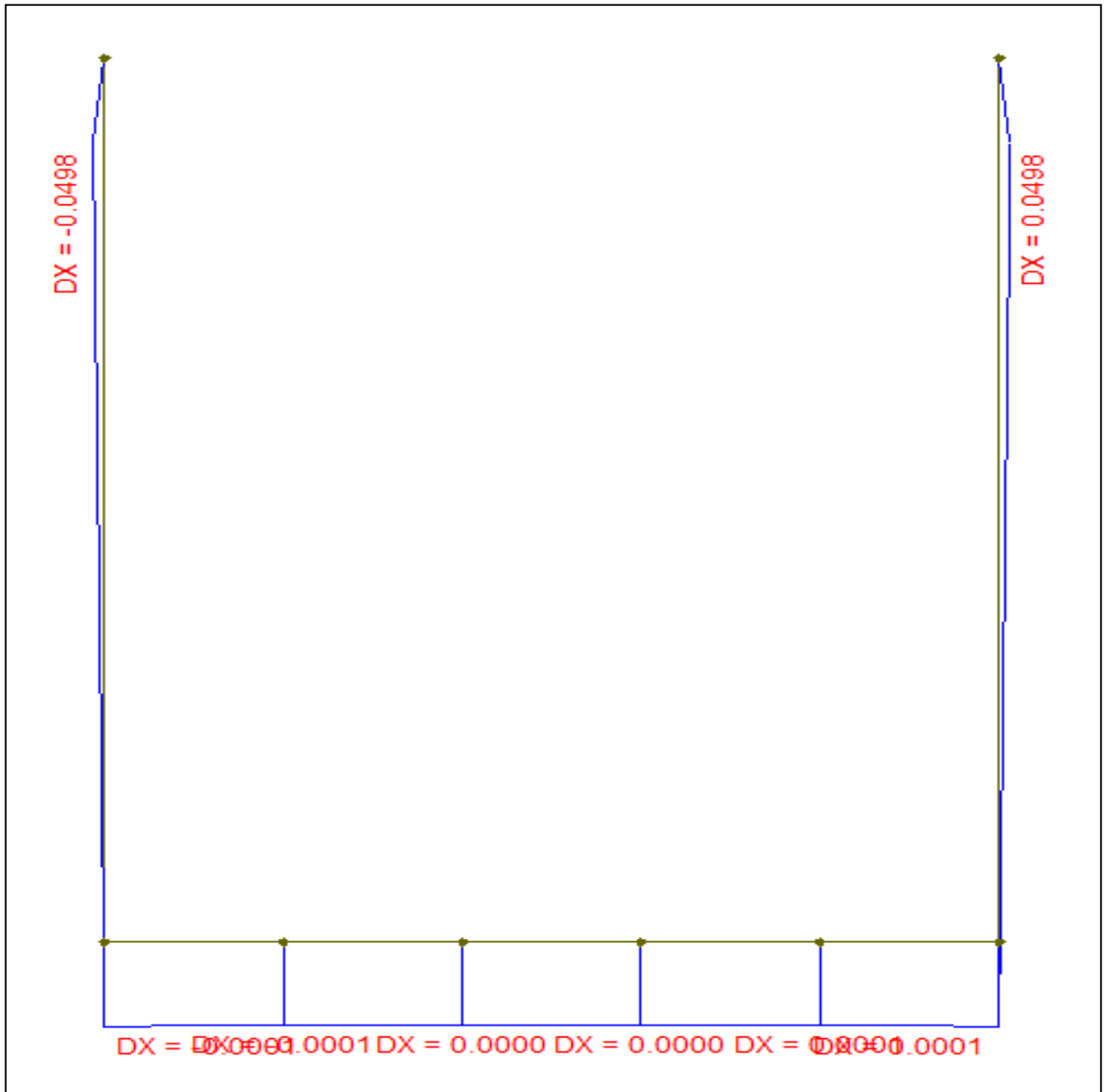
- Reações:



- Reação máxima = 1802 kgf
- Tensão máxima = $1802 / (25 \times 100) = 0,721 \text{ Kgf/cm}^2$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 133 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Deformações:



-
- Deformação máxima horizontal = 0,05 cm
- Deformação horizontal limite = $162,5/150 = 1,083$ cm

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

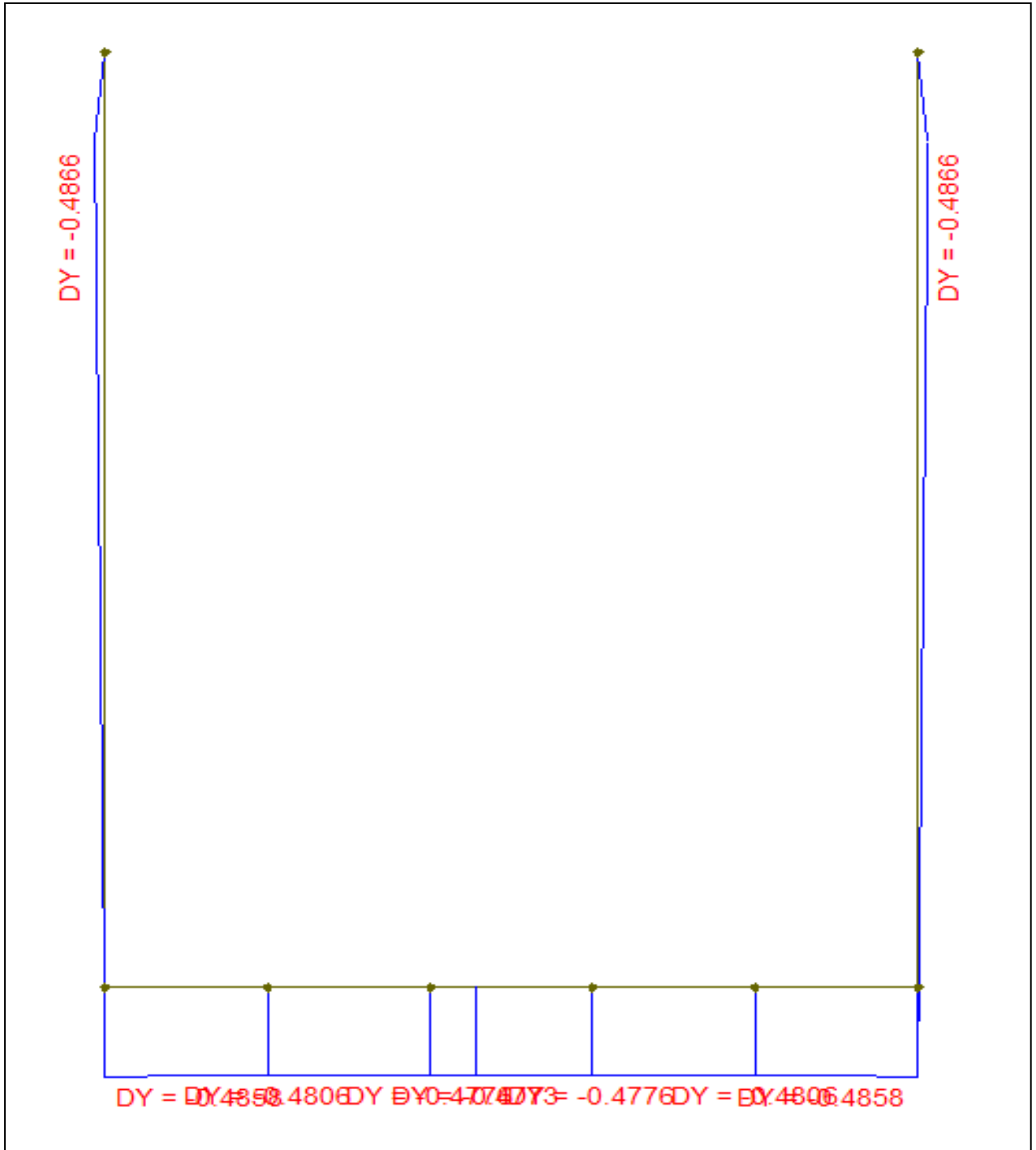
134
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

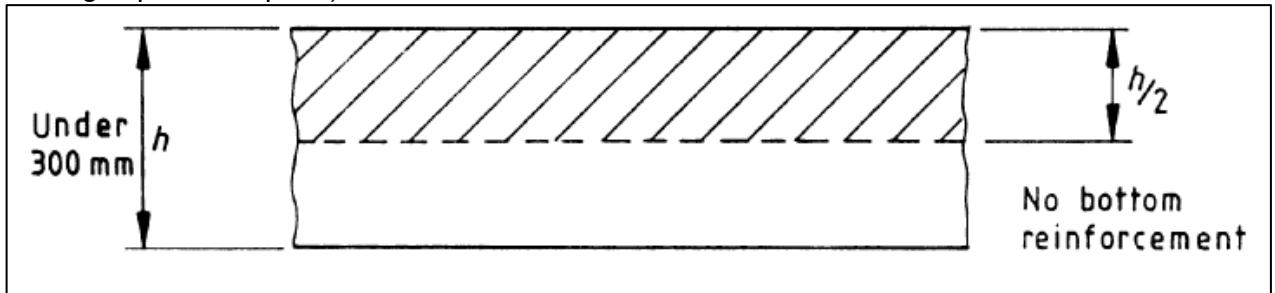


-
- Deformação máxima vertical = 0,487 cm
-
-
-
-
-
-

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 135 /20.0236	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0	

10.7 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} < h \rightarrow h_{\text{sup}} = h/2$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para $h = 25\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}} = 25/2 = 12,5\text{cm}$

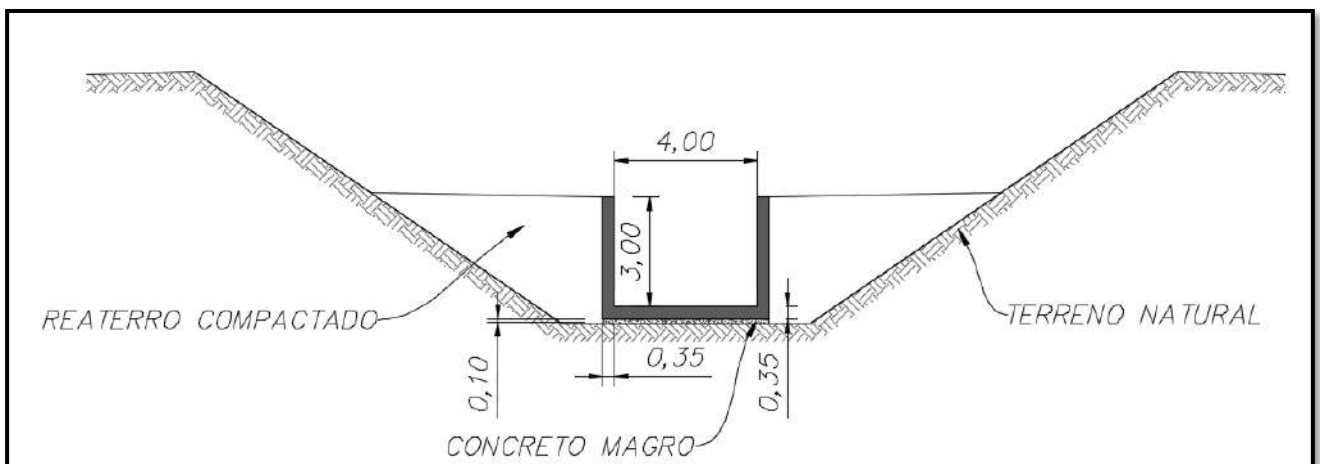
Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

- $A_s = k k_{\text{fct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$
- $A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (12,5 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3600 \text{ kgf/cm}^2 =$
- $A_s = 6,7 \text{ cm}^2 - \varnothing 10 \text{ c}/10$
-

10.8 RESUMO:

- Parede e fundo com espessura de 25 cm
- Armadura transversal da parede e laje de fundo: $\varnothing 10 \text{ c}/10$
- Armadura longitudinal da parede e laje de fundo: $\varnothing 10 \text{ c}/10$
-
-

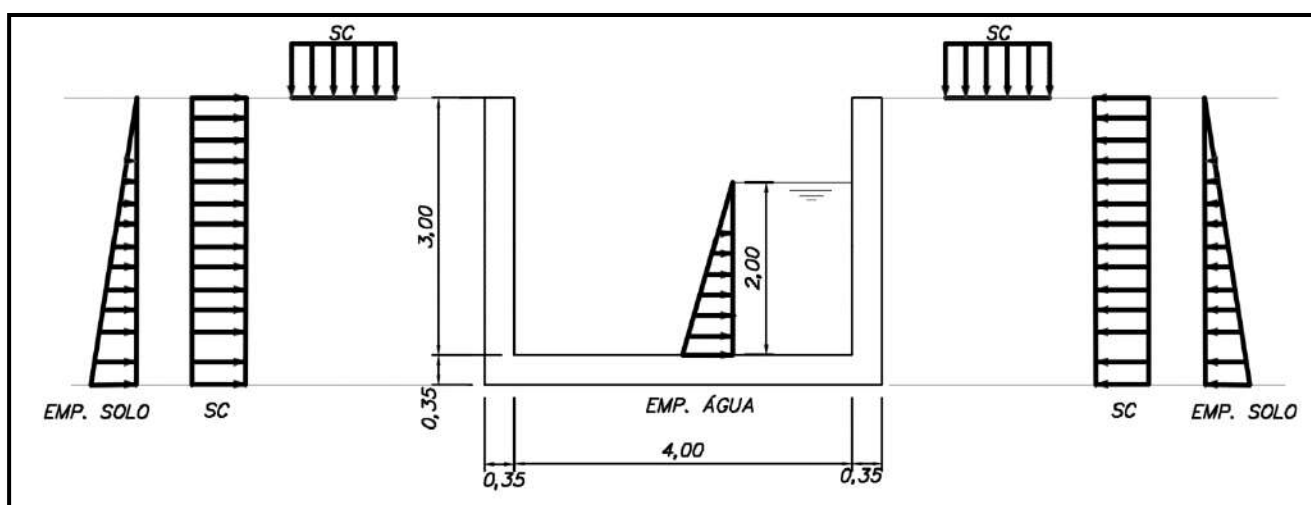
11.0 DIMENSIONAMENTO DO EXTRAVASSOR - SEÇÃO 4,0X3,0 - TRECHO LISO



		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 136 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

11.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água



Empuxo do Solo = $\gamma \times h \times K_a = 1,7 \times 3,175 \times 0,333 = 1,799 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga = $sc \times K_a = 1,0 \times 0,333 = 0,333 \text{ tf/m}^2$

Empuxo da Água = $\gamma \times h = 1,0 \times 2,00 = 2,00 \text{ tf/m}^2$

Peso próprio das paredes = $2,5 \times 0,35 \times 3,175 = 2,778 \text{ tf/m}$

Peso próprio da laje de fundo = $2,5 \times 0,35 = 0,875 \text{ tf/m}^2$

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_s (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade, compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

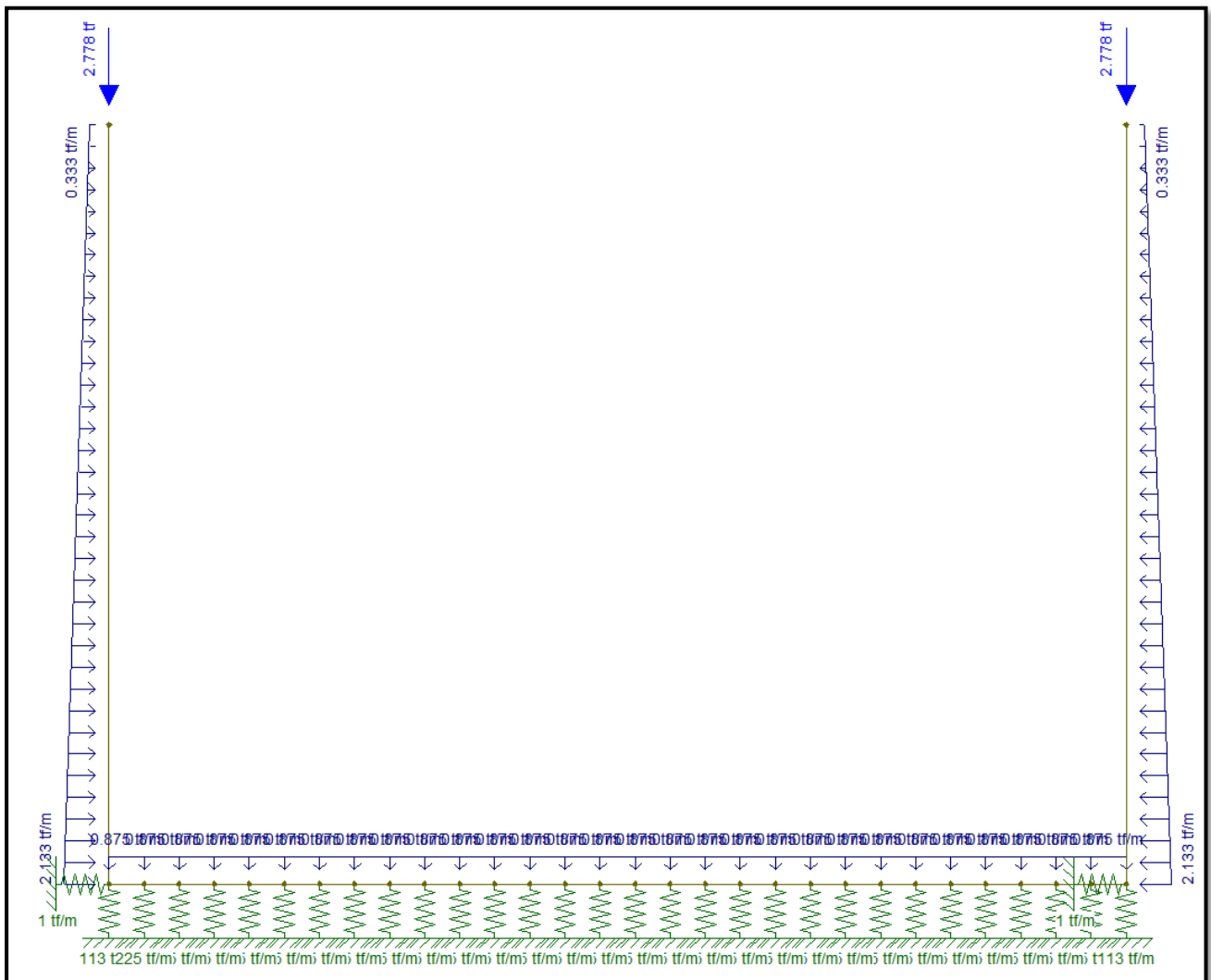
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 137 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Considerou-se para o solo em questão o valor $dek_r = 15MPa/m$.
Para a distância entre nós de 15 cm temos:

$$1500tf/m^3 \times 0,15m \times 1,0m = 225tf/m$$

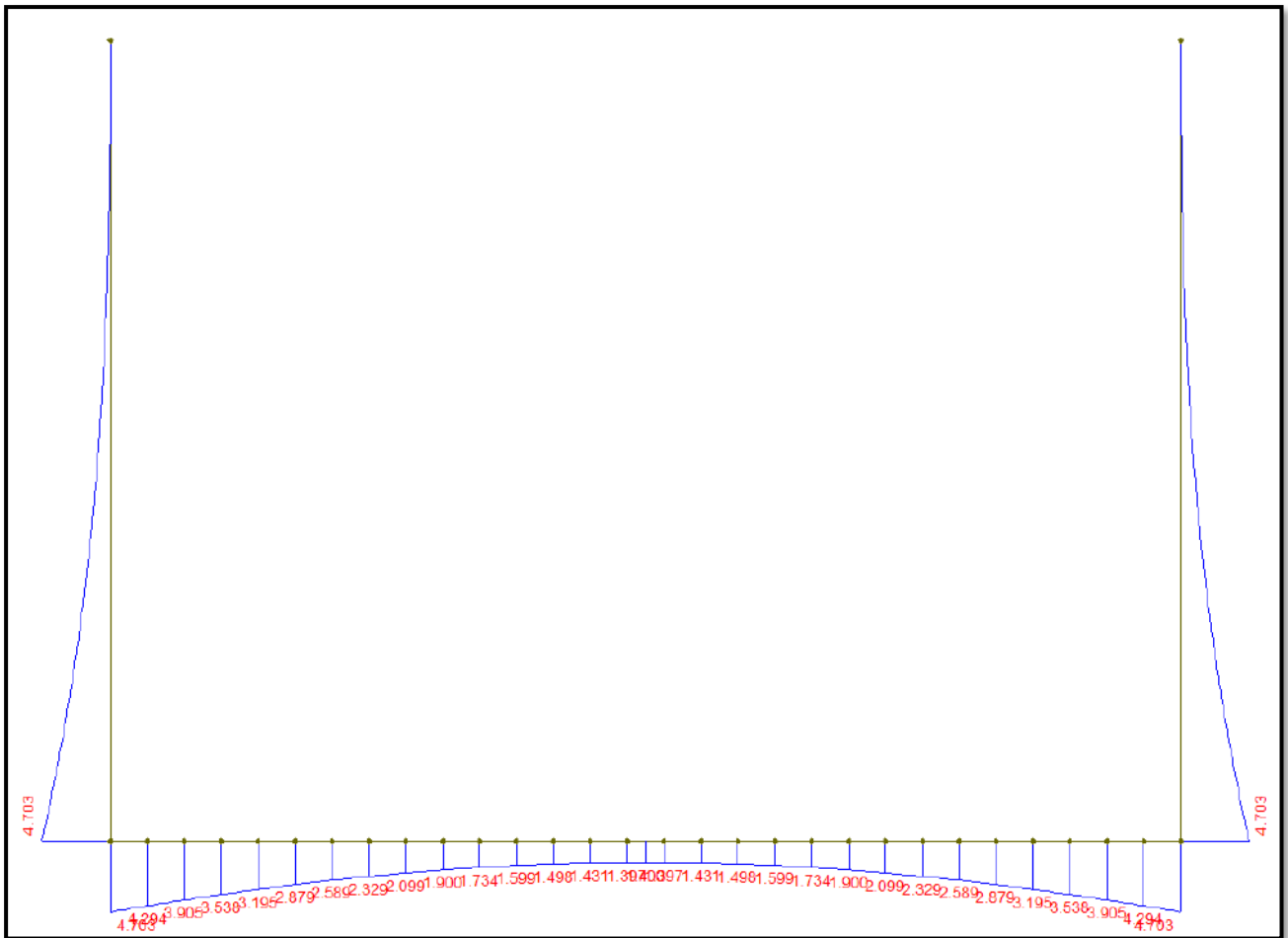
11.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços



		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 138 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

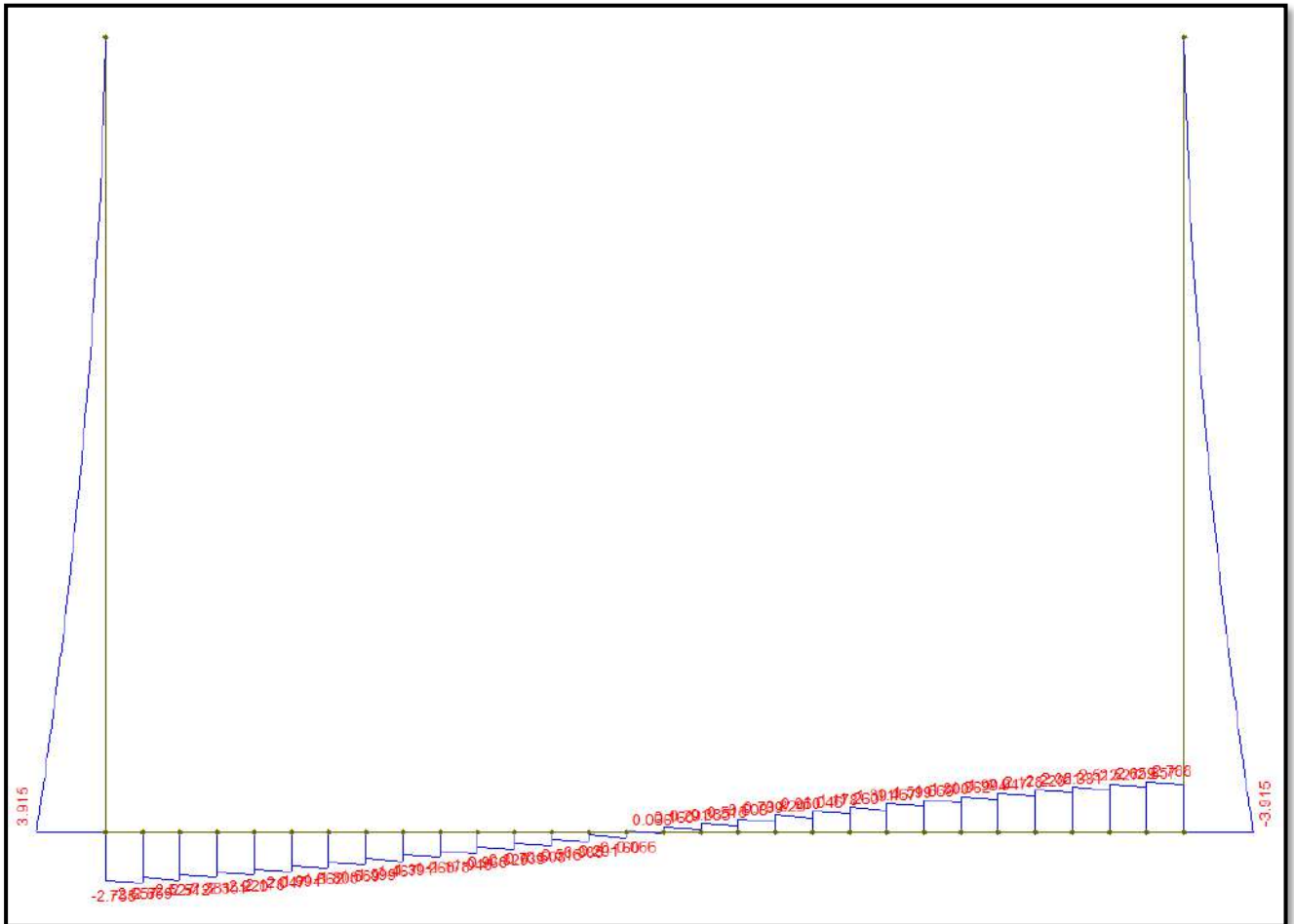
- Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)=	30	d' (cm)=	5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma?	s								
w_k =	0,2 mm	Espaçamento máximo =	20 cm										
		Posição limite da linha neutra x/d =	0,45										
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	σ (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
L1	Horizontal	N	35	30	4703	50	0,00	5,15	5,30	0,149	12,5	23,2	σ 12,5 c/ 20,0

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 139 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Diagrama de Esforço Cortante



		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 140 /20.0236	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0	

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	EXTRAVASOR		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	39,2	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,350	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²	
Área de concreto (Ac)	0,300	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (fyvd)- Item 19.4.2	435	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
fctd	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,30	m
ρ	As / (bw * d)	0,0000	
σcp	Ns * γf / (bw * h)	0,00	MPa
VRd1	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	169,44	kN
Vd	V * γf	54,88	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
αv1	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
VRd2	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1446,43	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**141
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

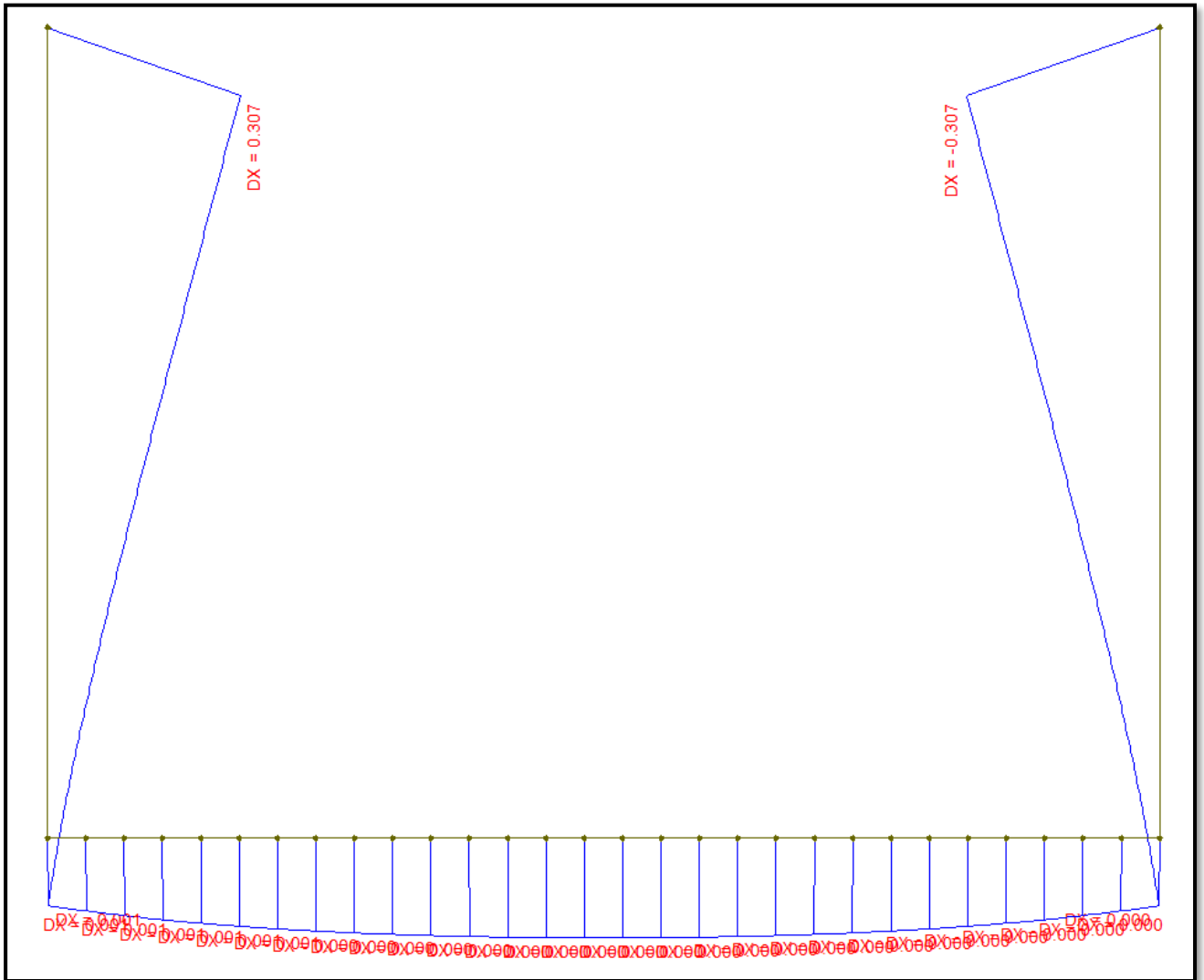


Reação máxima = 357 kgf

Tensão máxima = $357 / (15 \times 100) = 0,238 \text{ kgf/cm}^2$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 142 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Deformações:



Deformação máxima horizontal = 0,307 cm
Deformação horizontal limite = $317/150 = 2,113$ cm

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

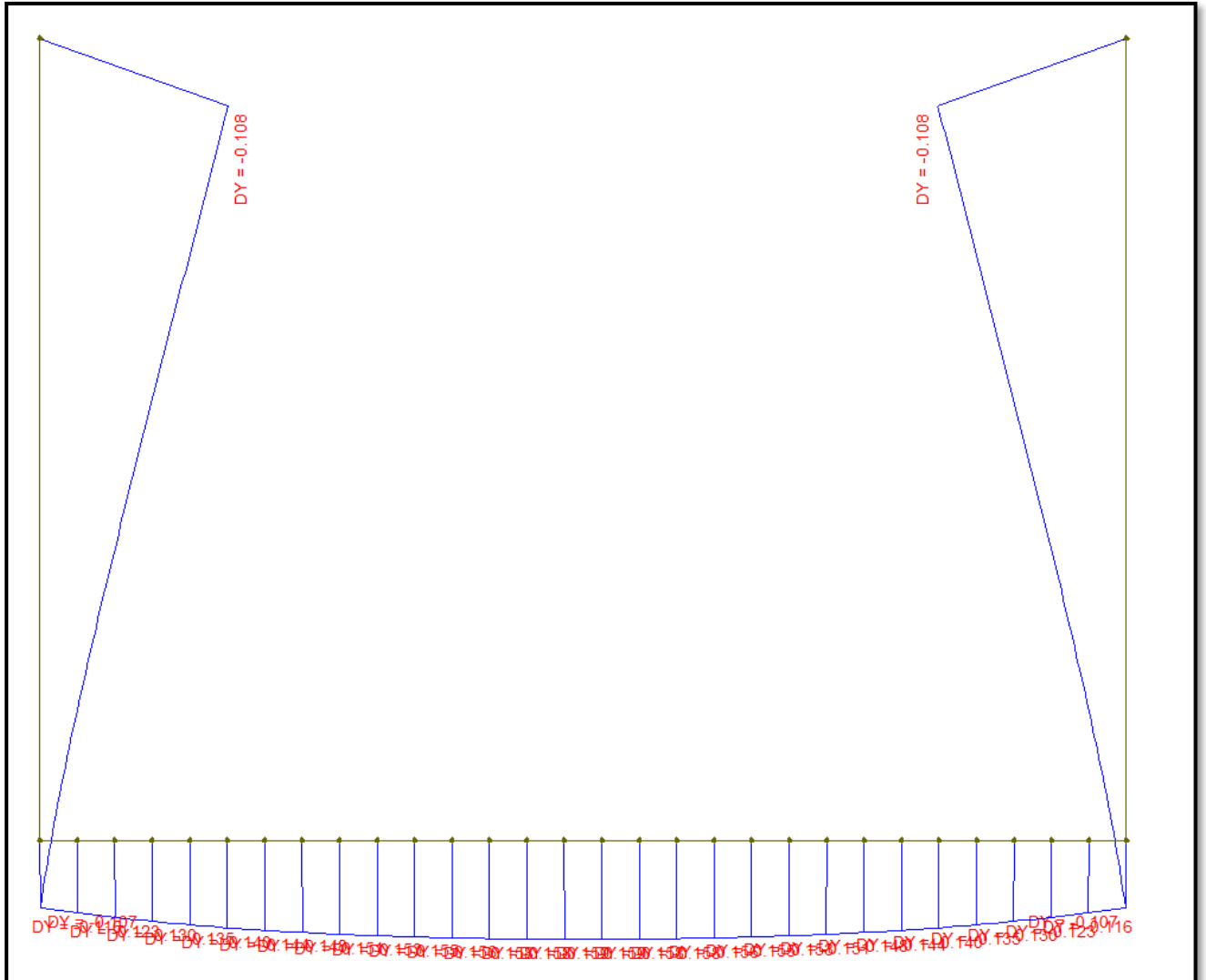
**143
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

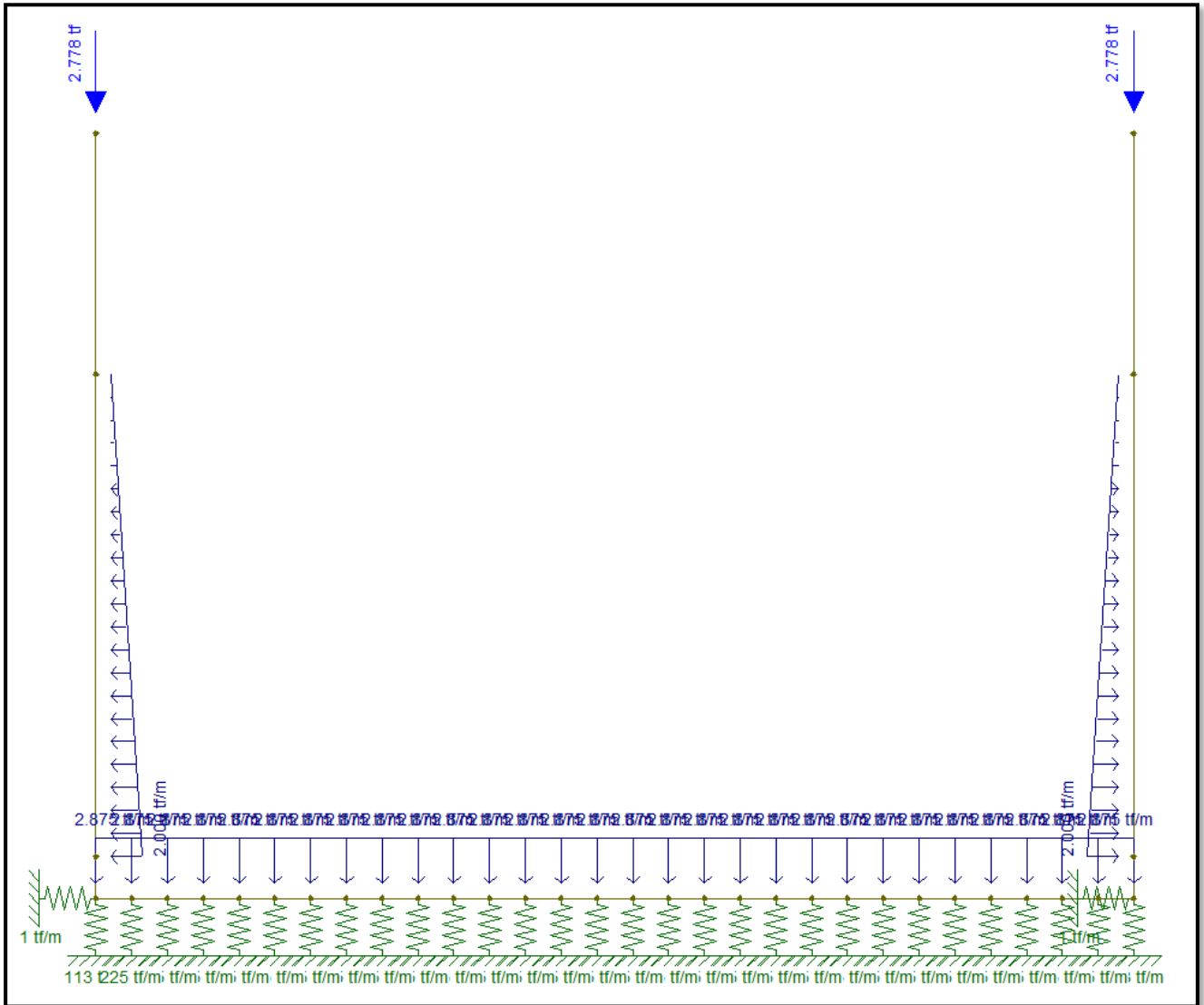


Deformação máxima vertical = 0,159 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 144 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

11.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

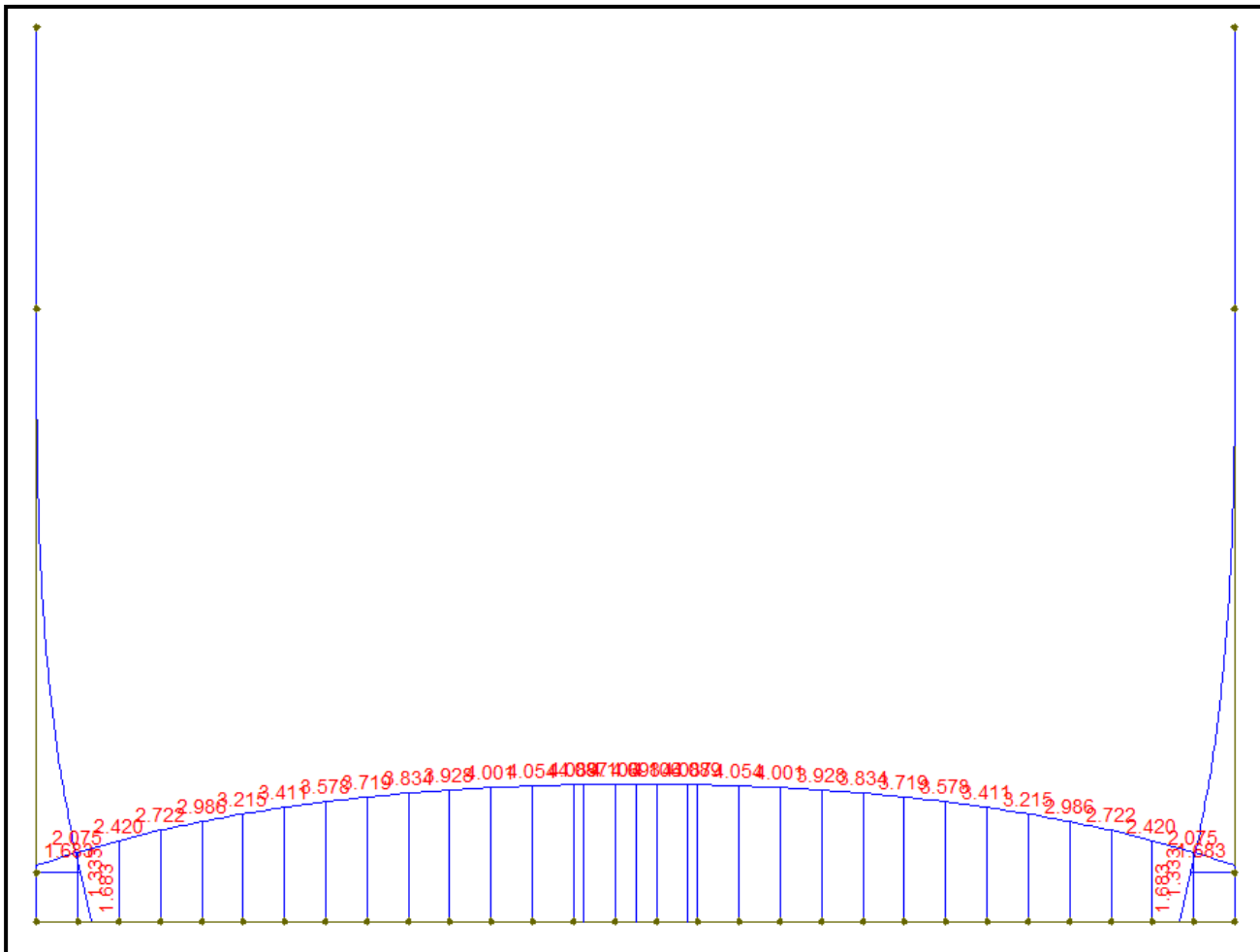
145
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



f_{ck} (Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar A_{smin} de Norma? s
 w_k = 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm
 Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
L1	Horizontal	N	35	30	4106	50	0,00	4,49	5,25	0,113	12,5	23,4	ϕ 12,5 c/ 20,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**146
/20.0236**

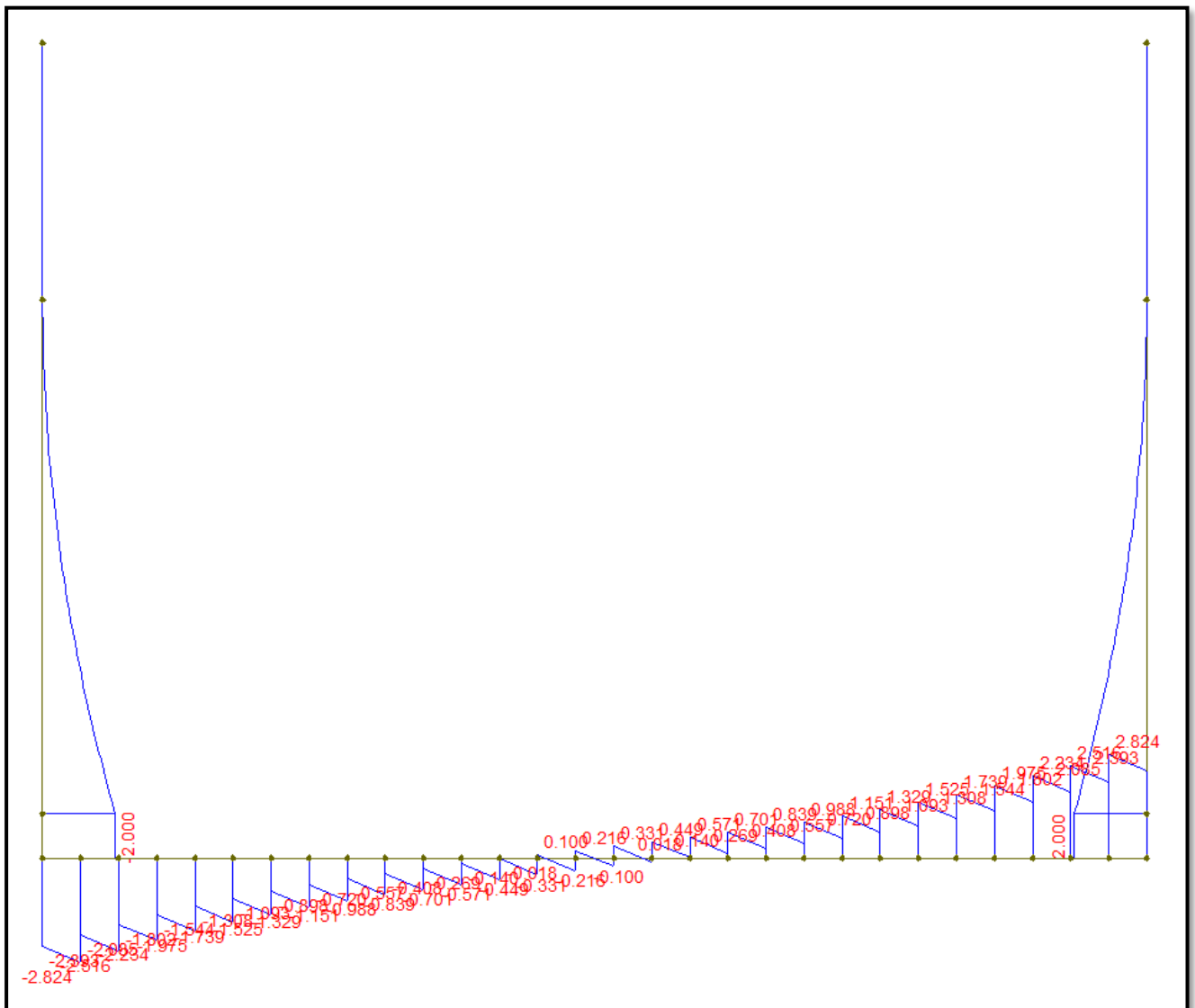
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

147
/20.0236

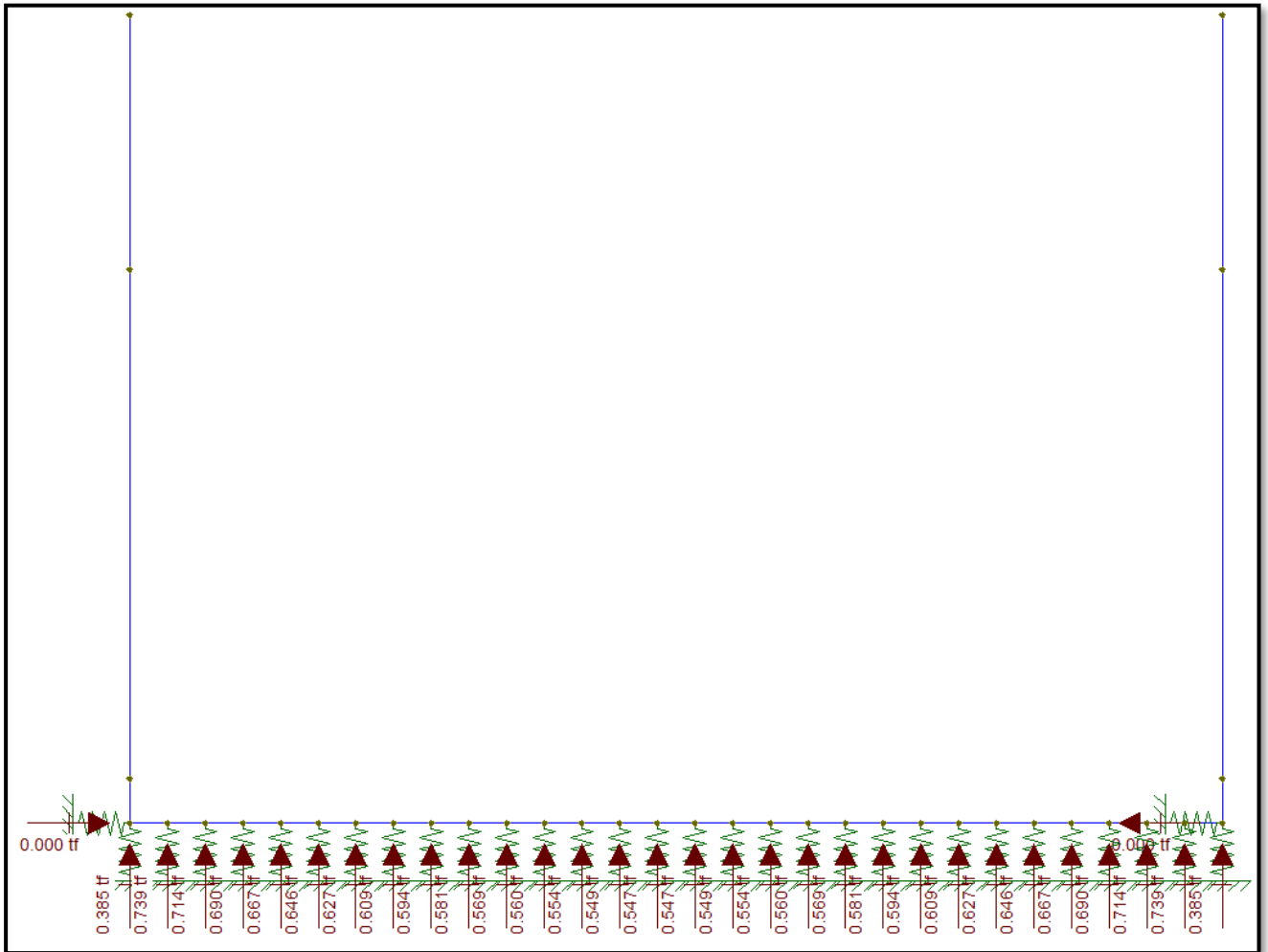
REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	EXTRAVASOR		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	28,3	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,350	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²	
Área de concreto (Ac)	0,300	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (fywd) - Item 19.4.2	435	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
fctd	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,30	m
ρ	As / (bw * d)	0,0000	
σcp	Ns * γf / (bw * h)	0,00	MPa
VRd1	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	169,44	kN
Vd	V * γf	39,62	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
αv1	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
VRd2	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1446,43	kN
Vd < VRd2 - OK!			

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 148 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Reações:

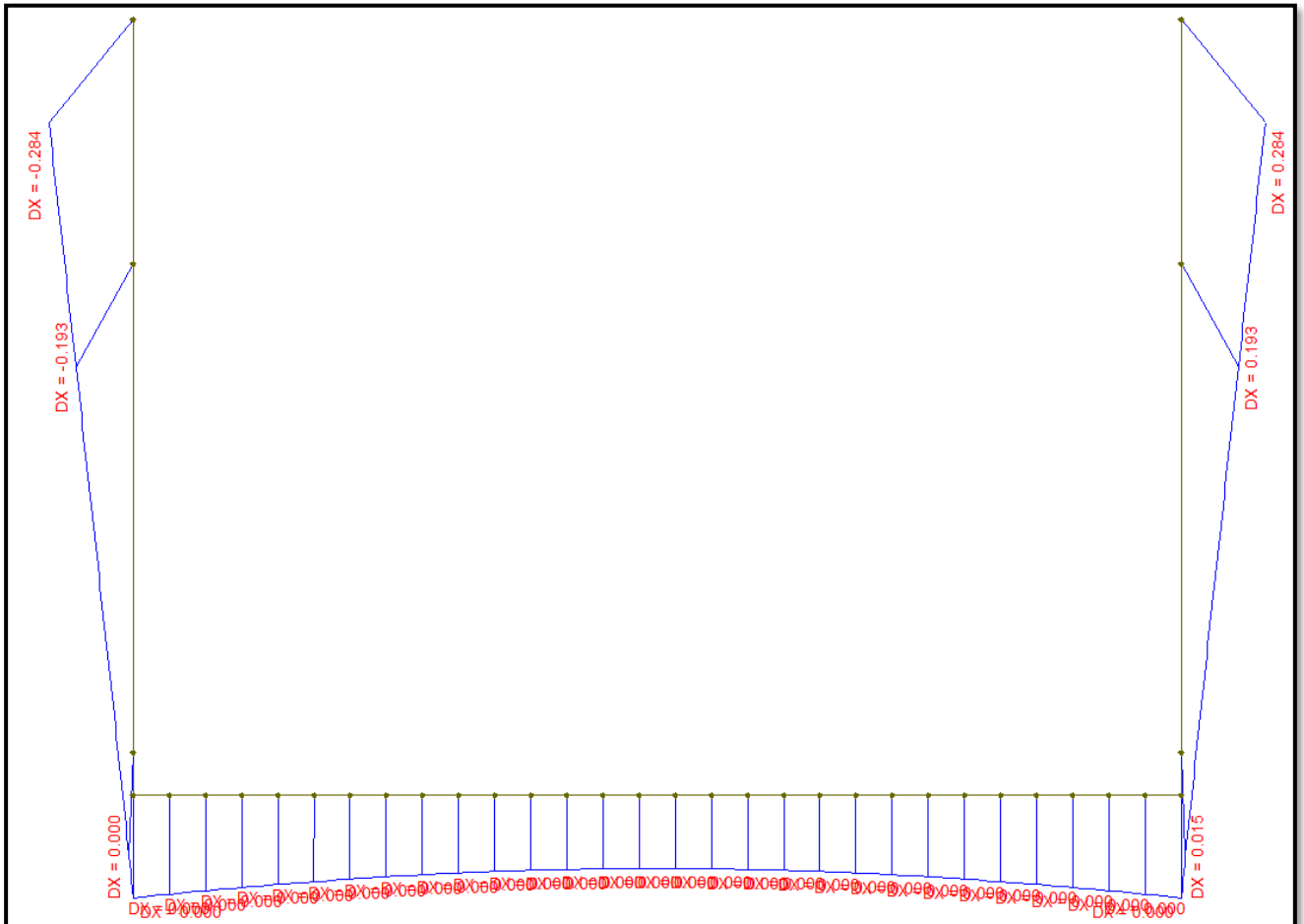


Reação máxima = 739 kgf

Tensão máxima = $739 / (15 \times 100) = 0,493 \text{ kgf/cm}^2$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 149 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

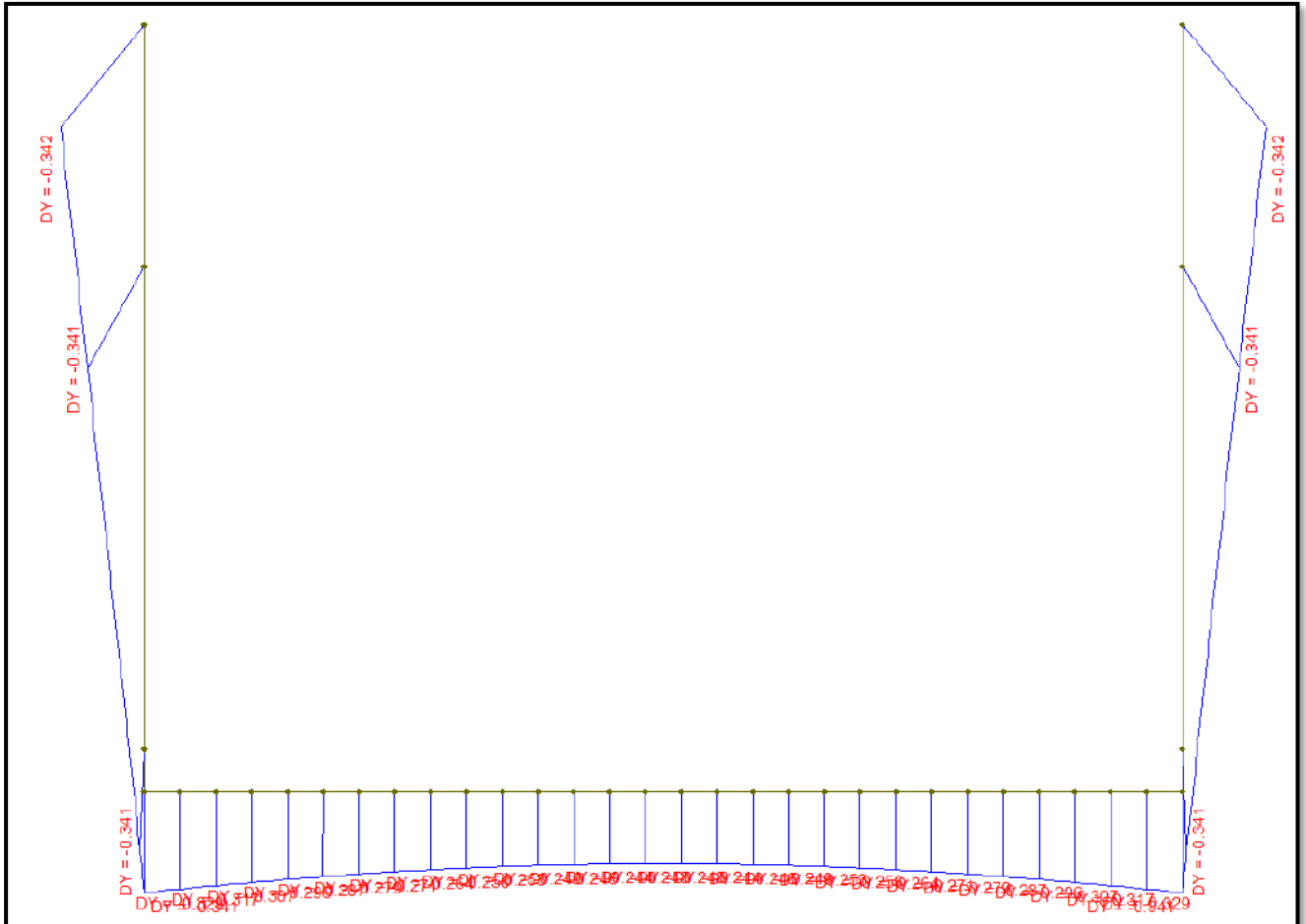
- Deformações:



Deformação máxima horizontal = 0,284 cm

Deformação horizontal limite = $317/150 = 2,113$ cm

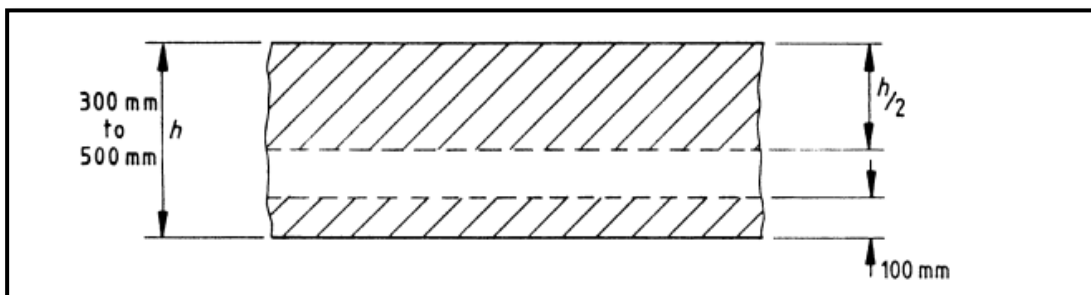
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 150 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0



Deformação máxima vertical = 0,342 cm

11.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} \leq h \leq 50\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}=h/2$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para $h = 35\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}= 35/2 = 17,5\text{cm}$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 151 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$$A_s = k k_{cft,ef} A_{ct} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,77 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (17,5 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3200 \text{ kgf/cm}^2 =$$

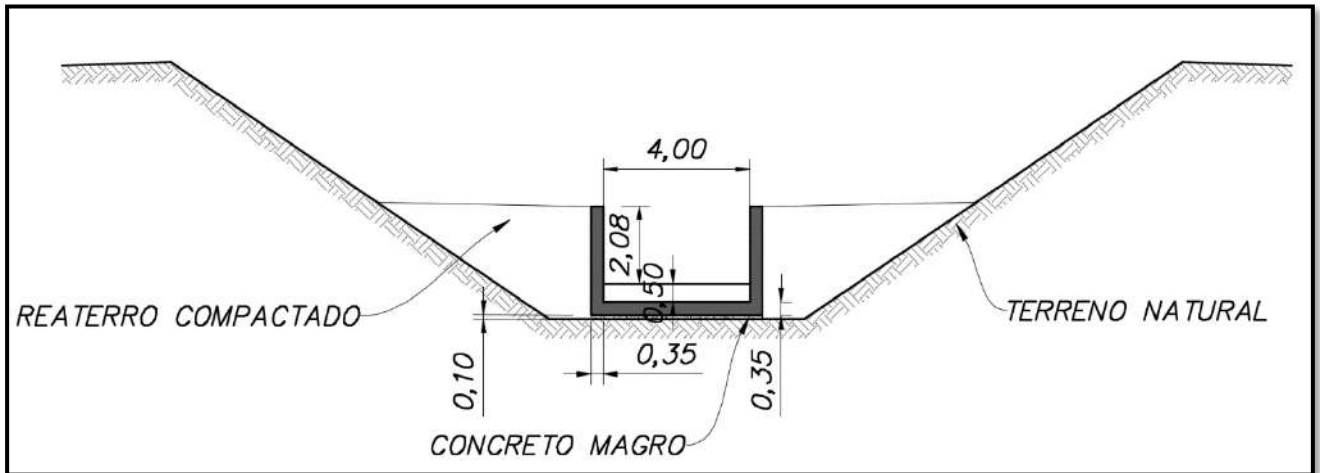
$$A_s = 10,11 \text{ cm}^2 - \varnothing 12,5 \text{ c/12}$$

11.5 RESUMO

- Parede e fundo com espessura de 35 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: $\varnothing 12,5 \text{ c/12}$
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: $\varnothing 12,5 \text{ c/12}$

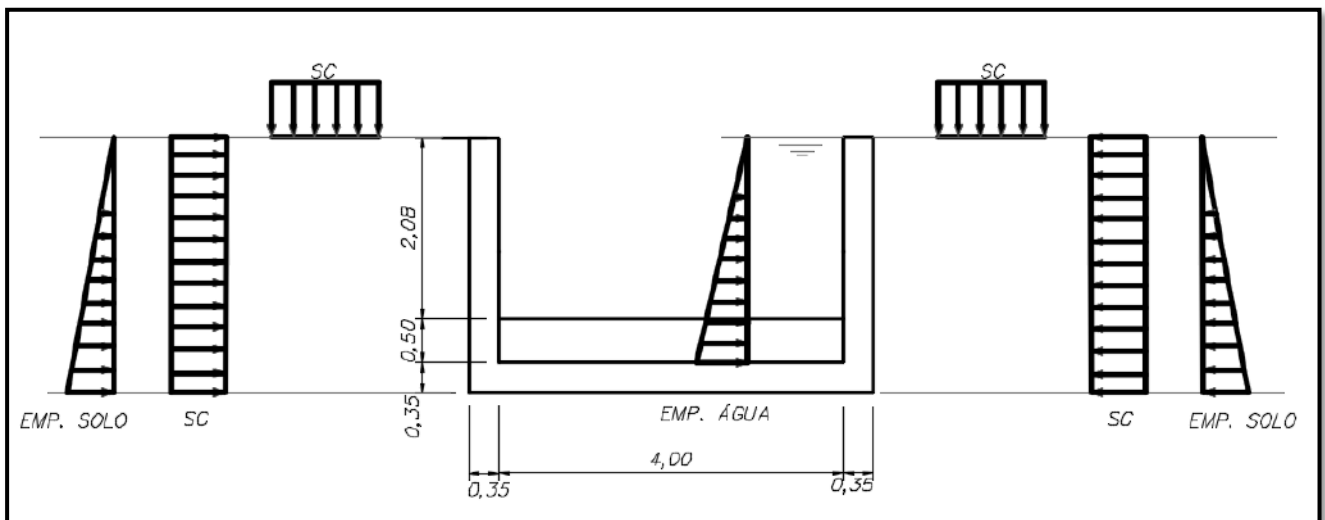
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 152 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

12.0 DIMENSIONAMENTO DO EXTRAVASSOR - SEÇÃO 4,0X2,0 - DEGRAU



12.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água



Empuxo do Solo = $\gamma \times h \times K_a = 1,7 \times 2,755 \times 0,333 = 1,561 \text{ tf/m}^2$
 Sobrecarga = $sc \times K_a = 1,0 \times 0,333 = 0,333 \text{ tf/m}^2$

Empuxo da Água = $\gamma \times h = 1,0 \times 2,58 = 2,58 \text{ tf/m}^2$
 Peso próprio das paredes = $2,5 \times 0,35 \times 2,775 = 2,411 \text{ tf/m}$
 Peso próprio da laje de fundo = $2,5 \times 0,425 = 1,063 \text{ tf/m}^2$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 153 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

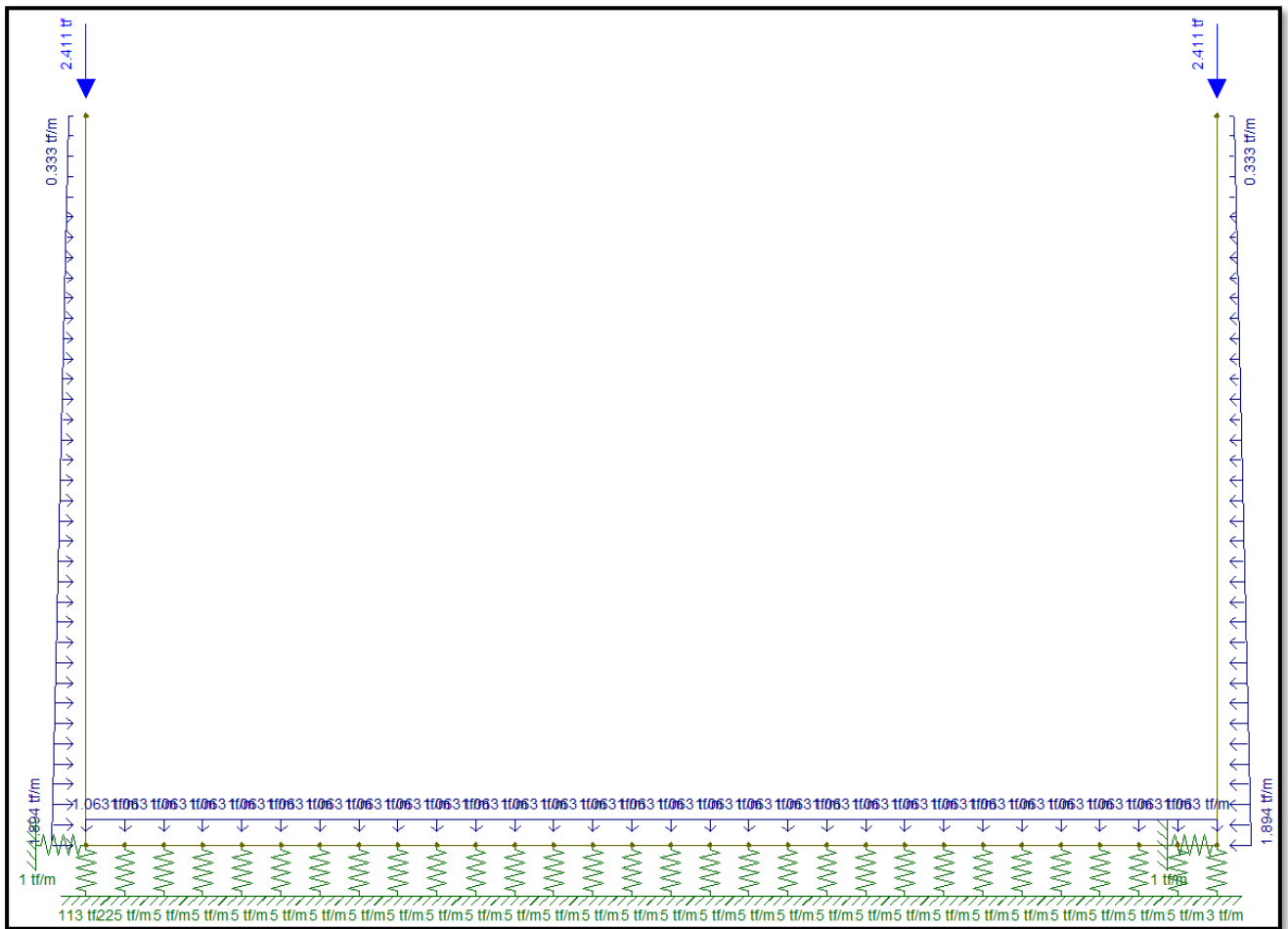
Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15MPa/m$.
 Para a distância entre nós de 15 cm temos:

$$1500tf/m^3 \times 0,15m \times 1,0m = 225tf/m$$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 154 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

12.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

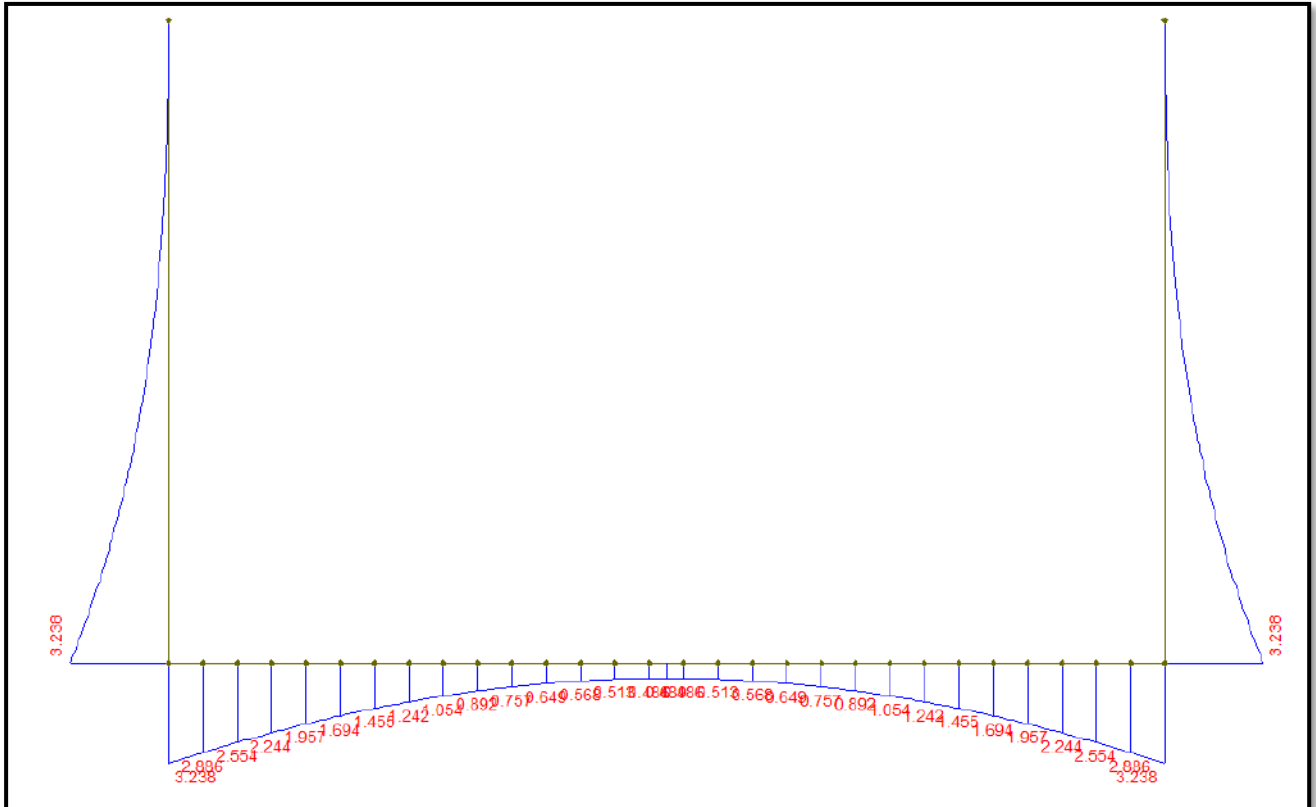
**155
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s											
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm												
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45													
LAJE	Balço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
L1	Horizontal	N	35	30	3238	50	0,00	3,52	5,25	0,070	12,5	23,4	ϕ 12,5 c/ 20,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**156
/20.0236**

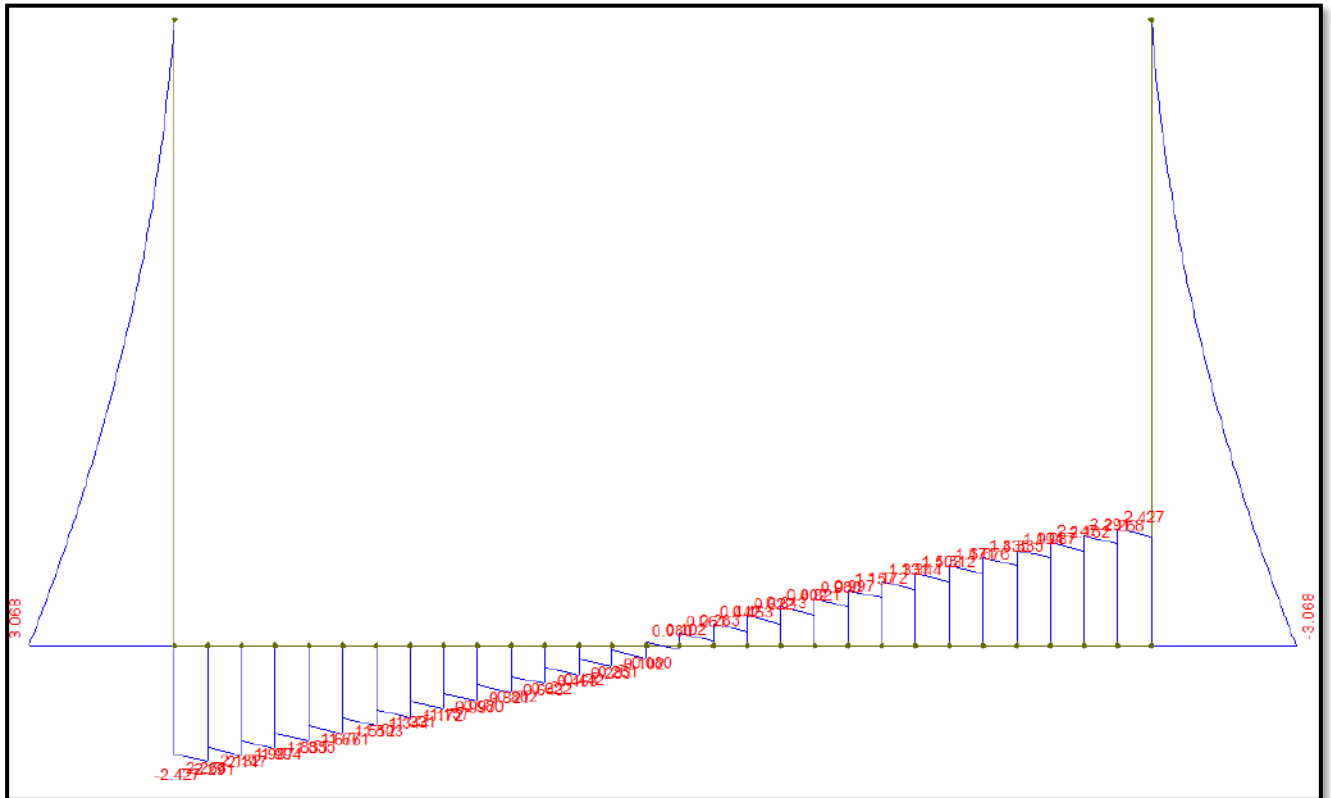
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 157 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	EXTRAVASOR		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	30,7		kN
Força de Compressão (Nc)	0,0		kN
Força de Protensão (Np)	0,0		kN
Ns = Nc + Np	0,0		kN
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000		m
Altura da Seção de Concreto (h)	0,350		m
Cobrimento (d')	0,050		m
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00		cm ²
Área de concreto (A _c)	0,300		m ²
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00		MPa
Resistência de cálculo (f _{ywd}) - Item 19.4.2	435		MPa
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
f _{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,30	m
ρ	A _s / (b _w * d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s * γ _f / (b _w * h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	169,44	kN
V _d	V * γ _f	42,98	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 * α _{v1} * f _{cd} * b _w * d * 0,9	1446,43	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

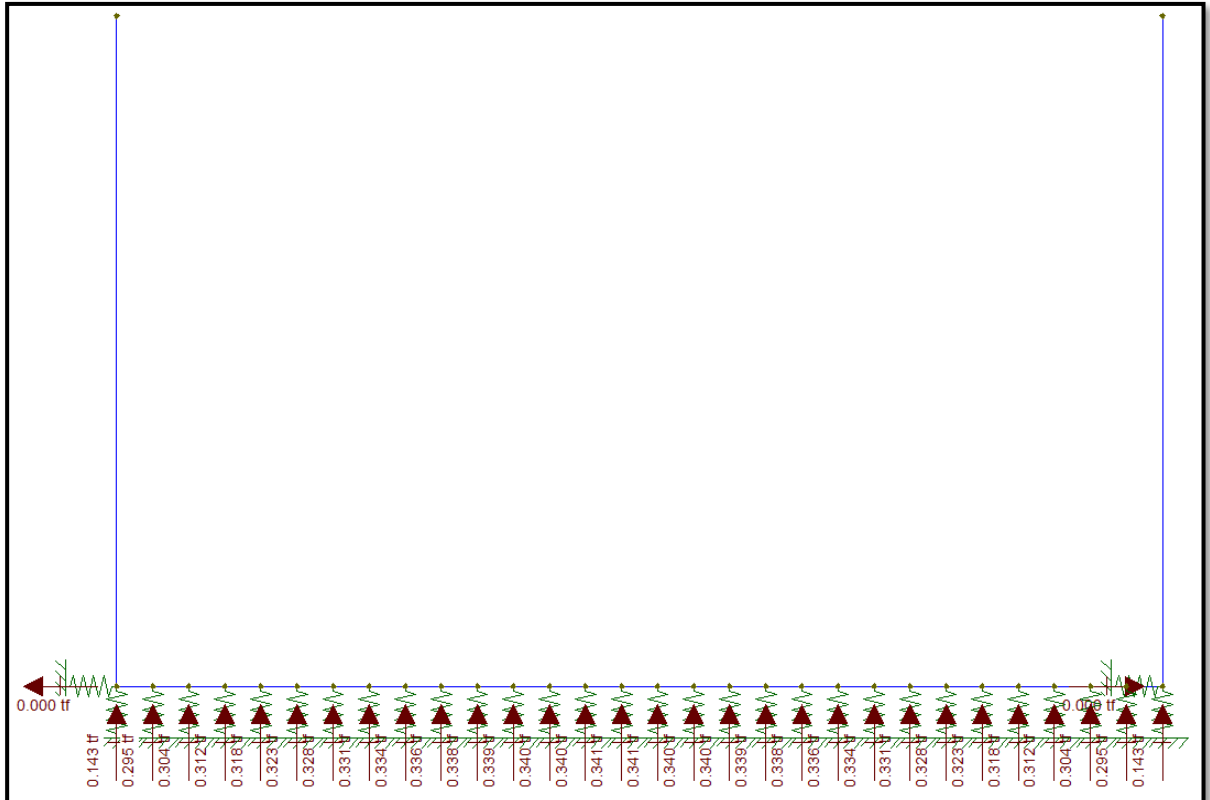
**158
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

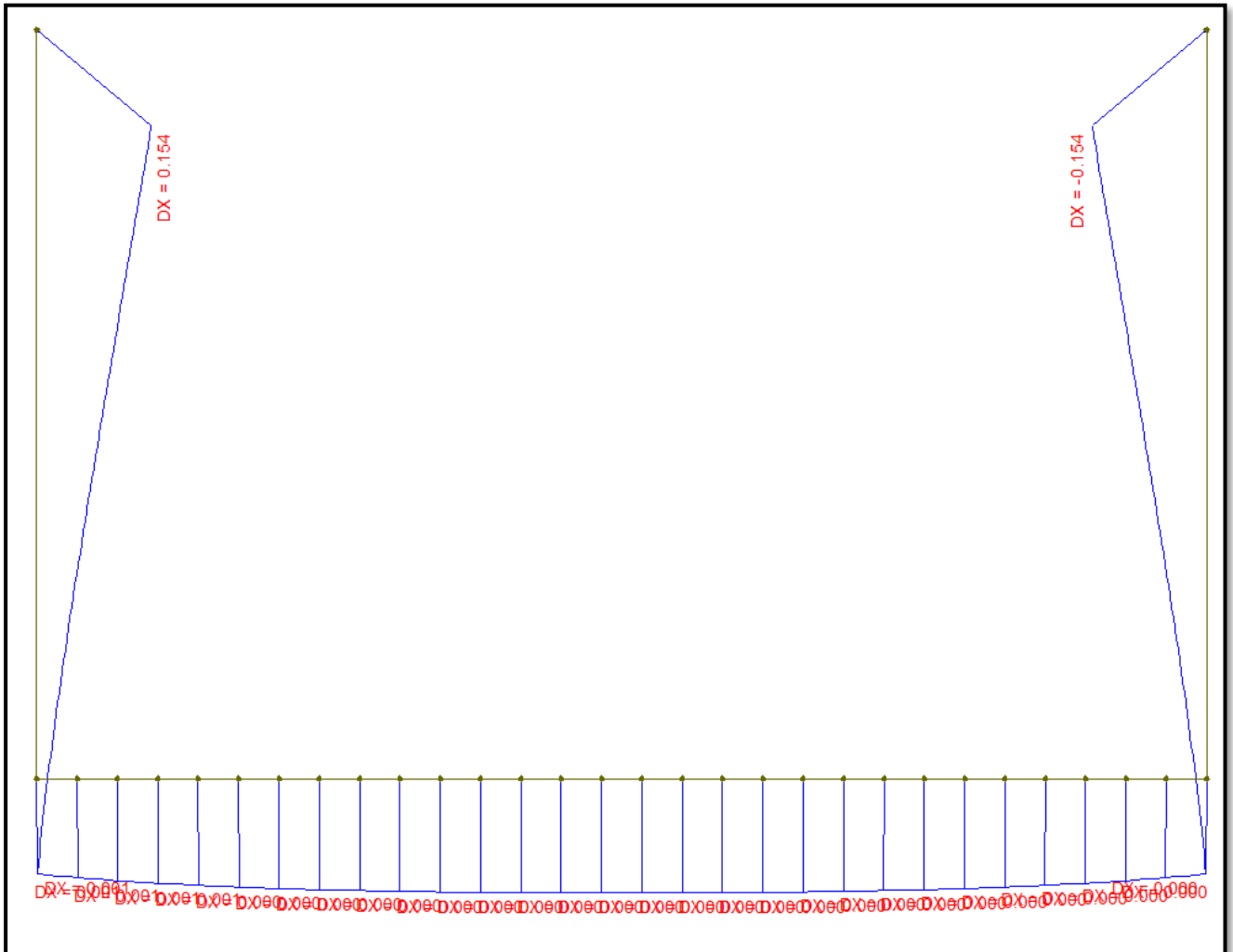


Reação máxima = 341 kgf

Tensão máxima = $341 / (15 \times 100) = 0,227 \text{ kgf/cm}^2$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 159 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Deformações:



Deformação máxima horizontal = 0,154 cm

Deformação horizontal limite = $275/150 = 1,83$ cm

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

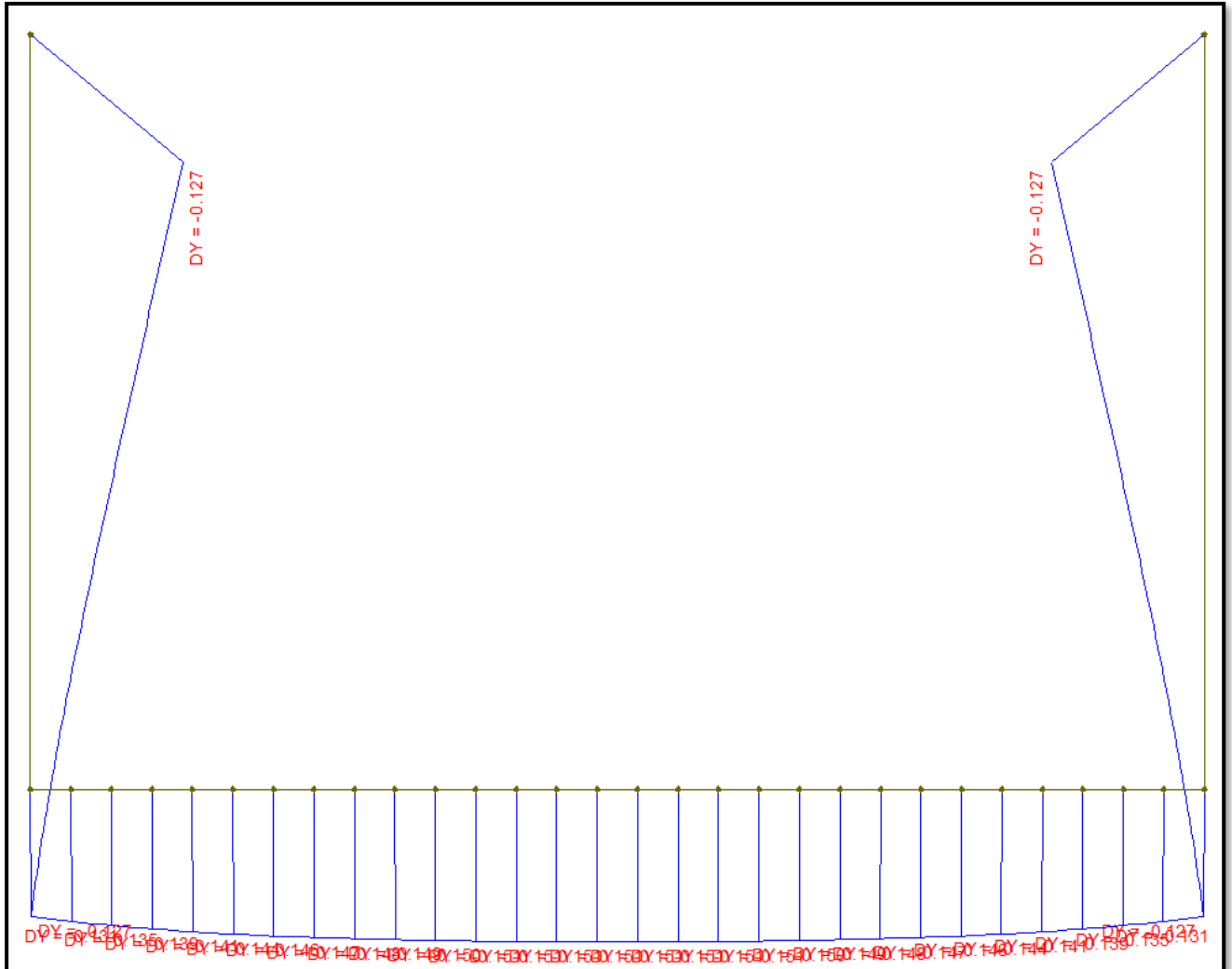
**160
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

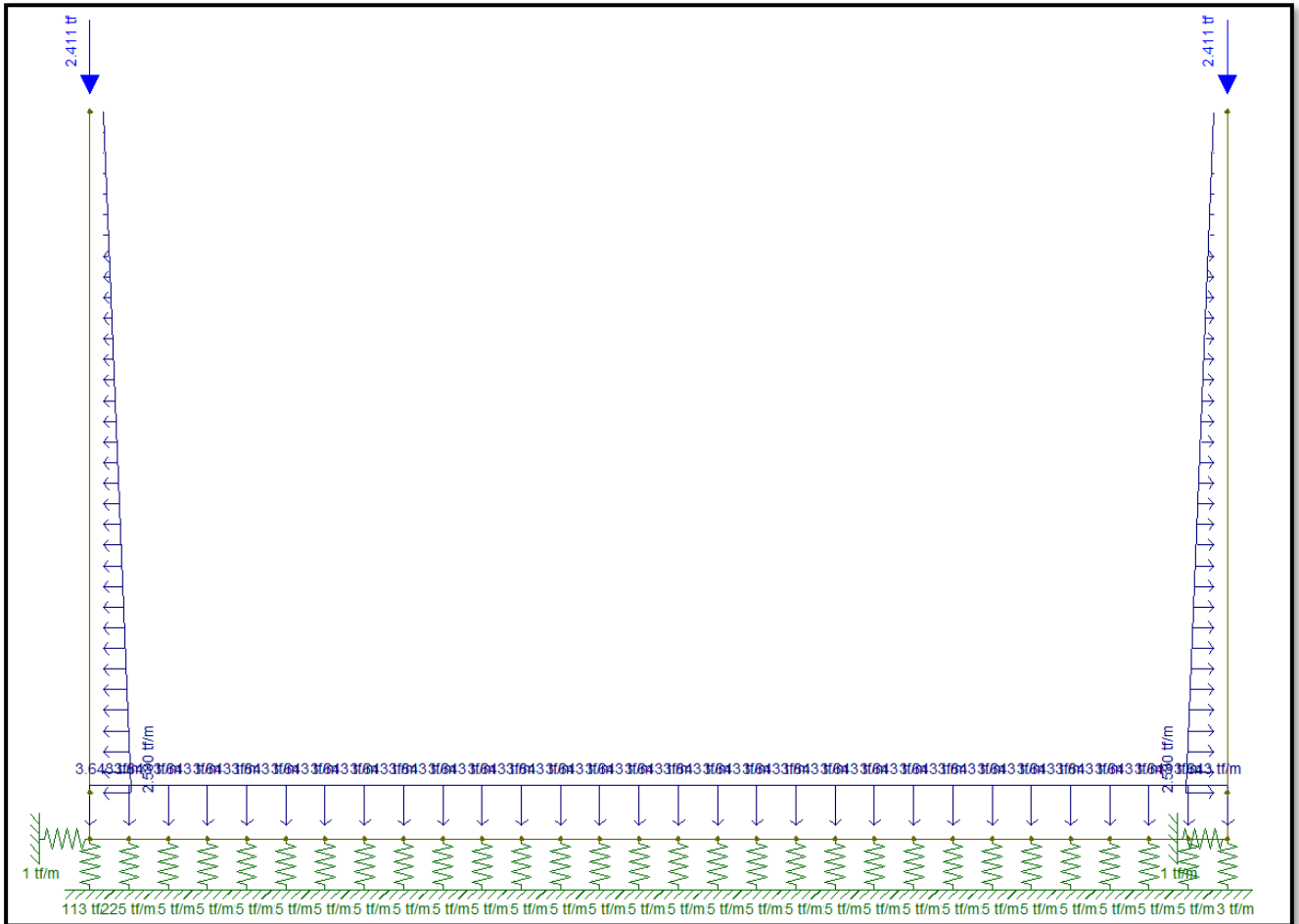


Deformação máxima vertical = 0,151 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 161 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

12.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

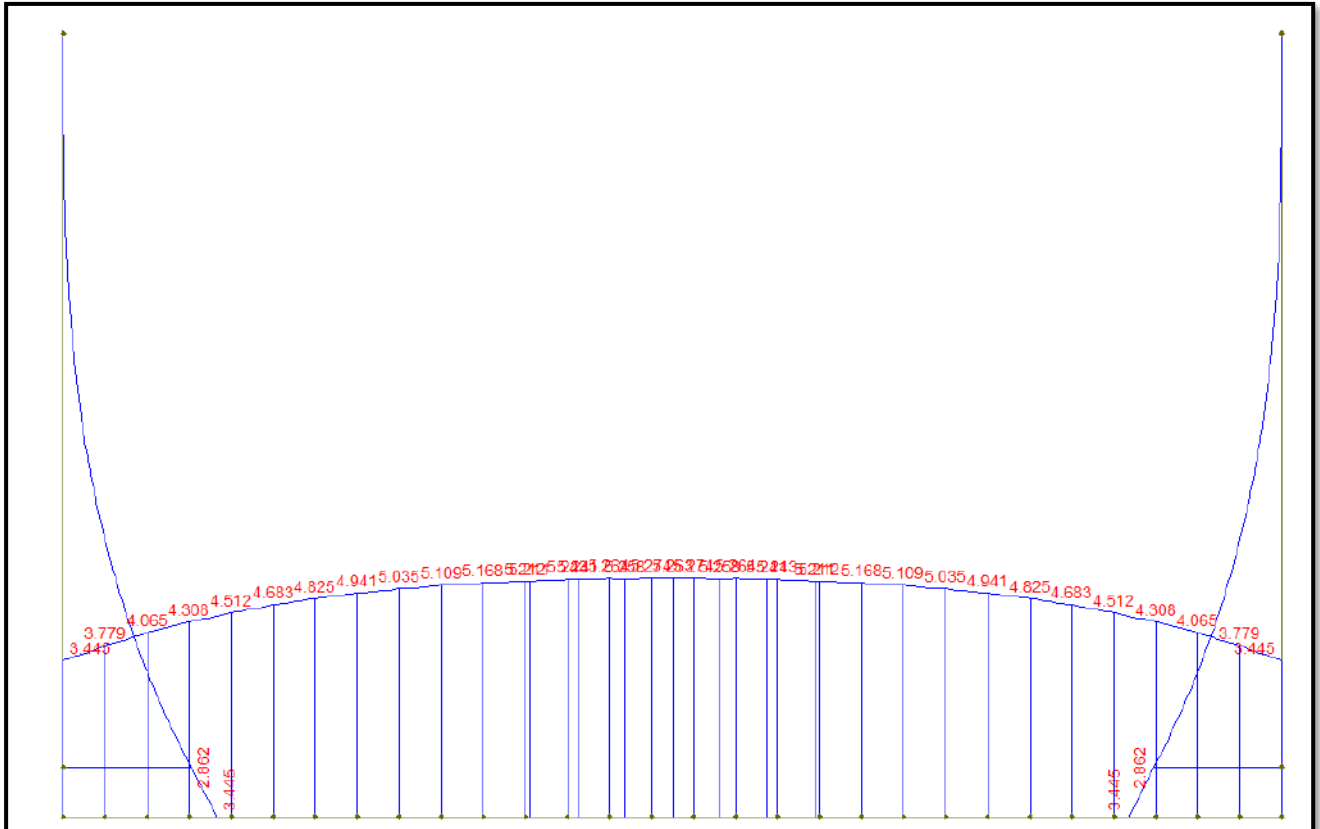
**162
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



f_{ck} (Mpa) = 30		d' (cm) = 5		Usar $A_{s,min}$ de Norma? <input checked="" type="checkbox"/> s								
w_k = 0,2 mm		Espaçamento máximo = 20 cm										
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	35	5274	50	0,00	5,79	5,96	0,189	12,5	20,6	ϕ 12,5 c/ 20,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**163
/20.0236**

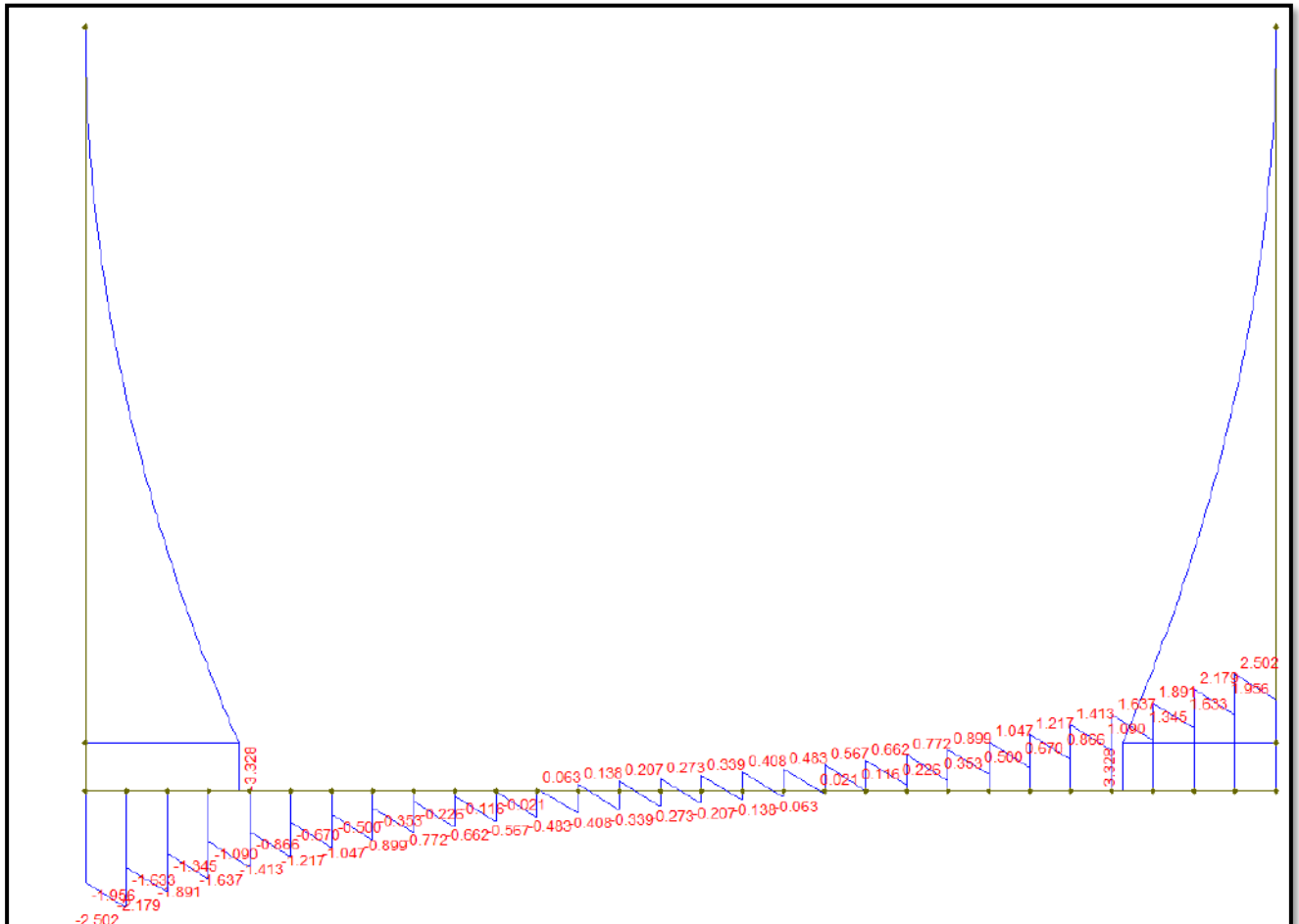
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 164 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	EXTRAVASOR		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	33,3		kN
Força de Compressão (Nc)	0,0		kN
Força de Protensão (Np)	0,0		kN
Ns = Nc + Np	0,0		kN
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000		m
Altura da Seção de Concreto (h)	0,350		m
Cobrimento (d')	0,050		m
Área de armação longitudinal (As)	0,00		cm ²
Área de concreto (Ac)	0,300		m ²
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00		MPa
Resistência de cálculo (fywd) - Item 19.4.2	435		MPa
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
fctd	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,30	m
ρ	As / (bw * d)	0,0000	
σcp	Ns * γf / (bw * h)	0,00	MPa
VRd1	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	169,44	kN
Vd	V * γf	46,62	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
αv1	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
VRd2	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1446,43	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

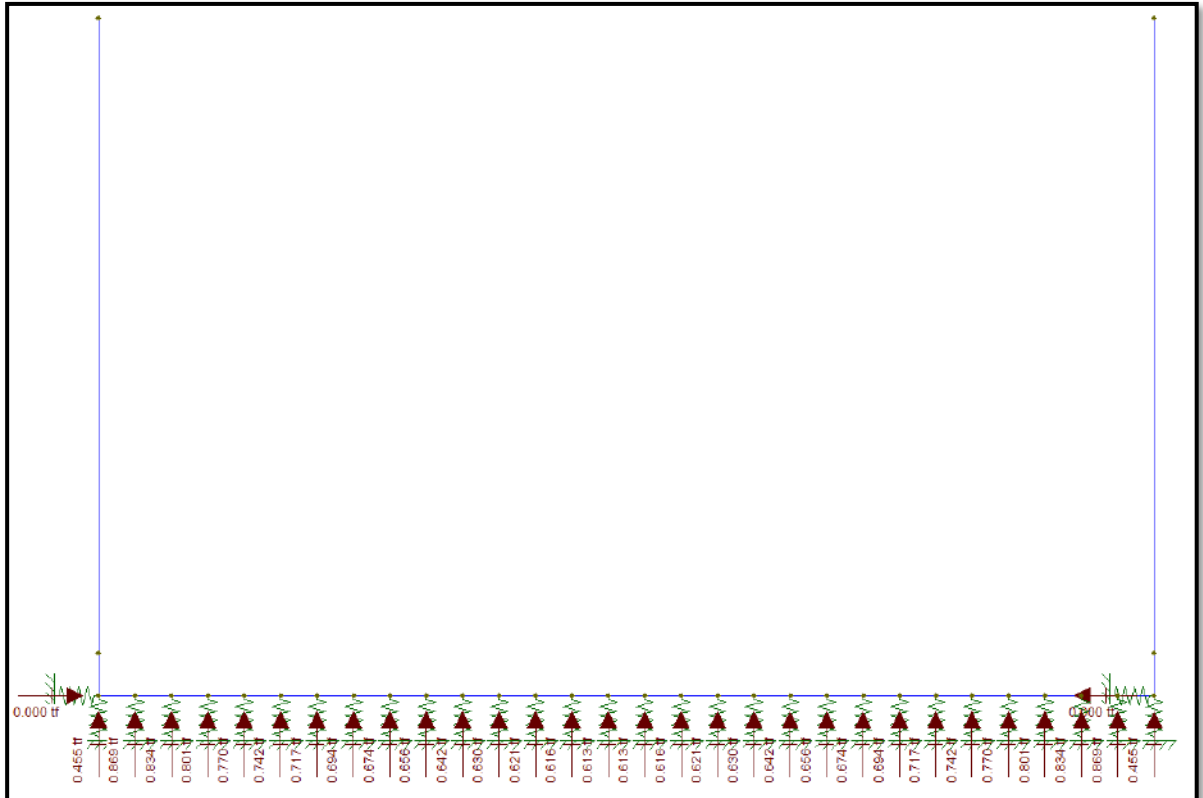
**165
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

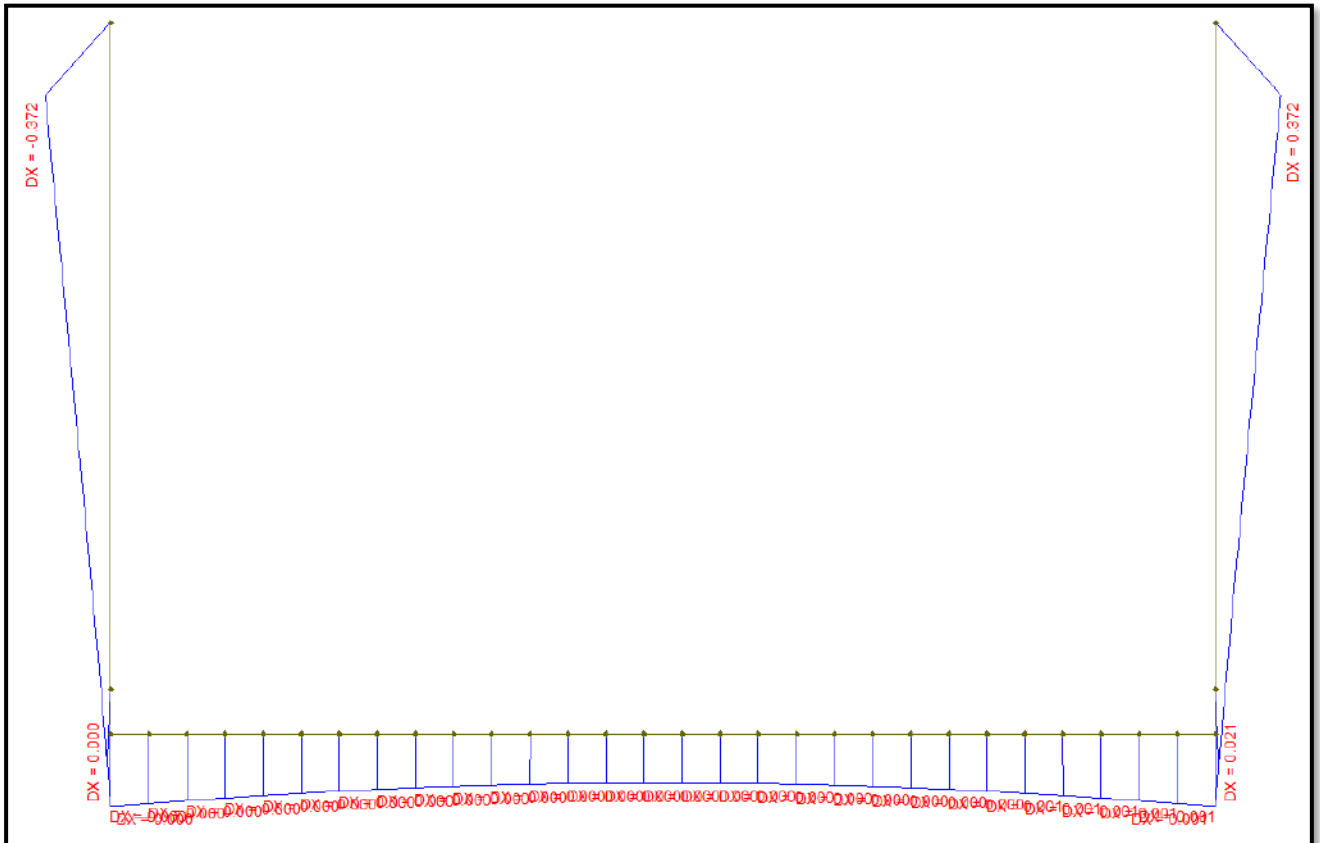


Reação máxima = 869 kgf

Tensão máxima = $869 / (15 \times 100) = 0,579 \text{ kgf/cm}^2$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 166 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Deformações:



Deformação máxima horizontal = 0,372 cm

Deformação horizontal limite = $275/150 = 1,83$ cm

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

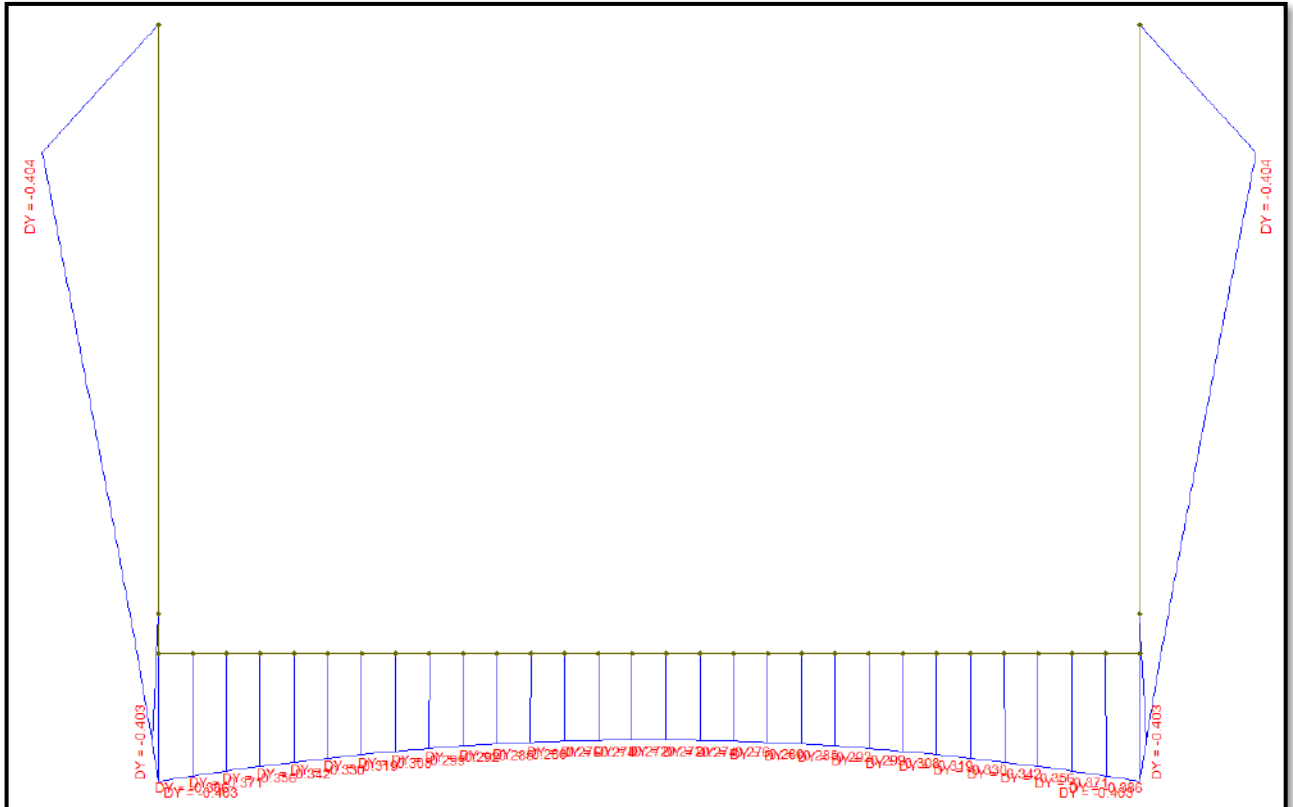
**167
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

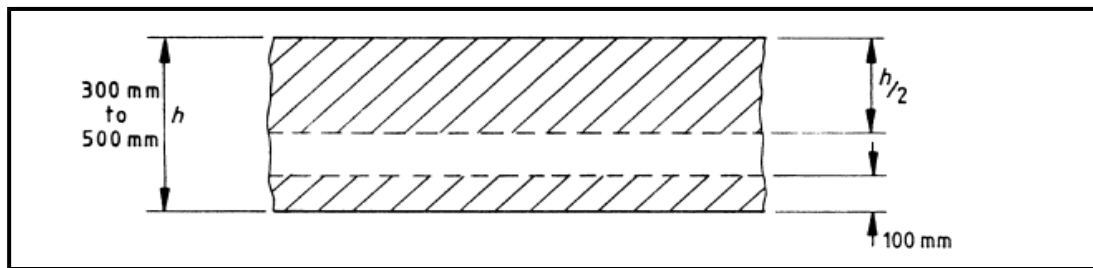


Deformação máxima vertical = 0,404 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 168 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

12.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} \leq h \leq 50\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}=h/2$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para $h = 35\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}= 35/2 = 17,5\text{cm}$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$$A_s = k k_{\text{cft,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,77 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (17,5 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3200 \text{ kgf/cm}^2 =$$

$$A_s = 10,11 \text{ cm}^2 - \varnothing 12,5 \text{ c/12}$$

12.5 RESUMO

- Parede e fundo com espessura de 35 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: $\varnothing 12,5 \text{ c/12}$
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: $\varnothing 12,5 \text{ c/12}$

12.6 VERIFICAÇÃO DO DESLIZAMENTO AO LONGO DO CANAL:

Coesão do solo em contato com a laje de fundo (c): $0,7 \text{ ton/m}^2$

Fator de redução da parcela referente à coesão: $0,7$

Ângulo de atrito solo x concreto: 20°

$$FS = \frac{F_1 + F_2}{P_2} \geq 1,5$$

$$FS = \frac{P_1 \times \text{tg}(20) + A \times c \times 0,7}{P_2} \geq 1,5$$

$$F_1 = P_1 \times \text{tg}(20)$$

$$F_2 = A \times c \times 0,7$$

P = peso próprio

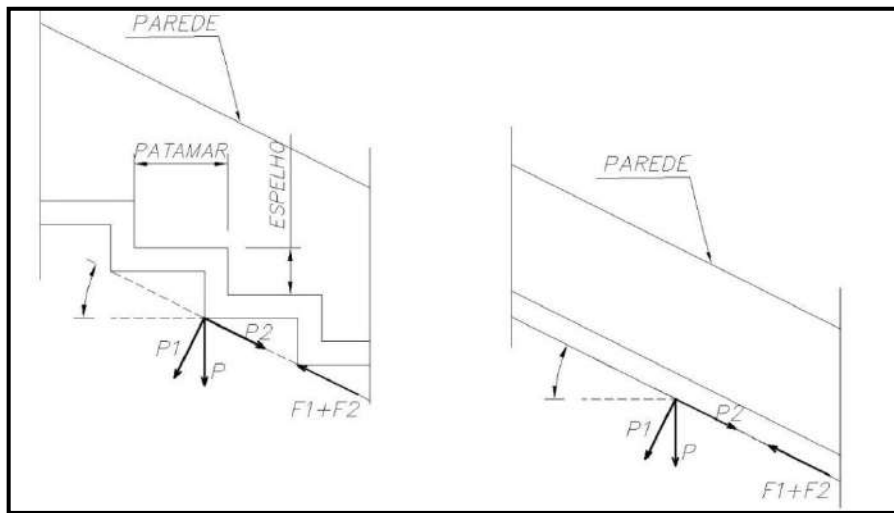
P1 = carga normal ao plano

P2 = força de deslizamento

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 169 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

φ = ângulo de atrito interno = 30°
A = área de contato com o solo
c = coesão do solo

Abaixo está indicado o equilíbrio das forças, bem como cálculo do fator de segurança para o deslizamento. Onde o fator de segurança ficou abaixo de 1,5 adotou-se as vigas de ancoragem.



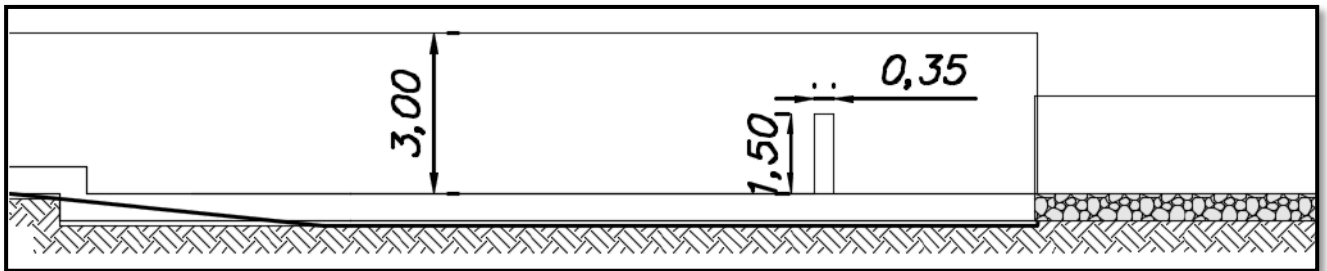
γ_{conc} =	2,5	ton/m ³		
γ_{solo} =	1,7	ton/m ³	c =	7 coesão KPa
Kp =	3,00		φ =	30 ângulo de talude natural
FS =	1,5			

- Extravador - Erecho em Degrau

TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m ²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)	Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m ² /m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
1	DEGRAU	14,3%	8,1	0,7	4,7	2,02	2,02	50	350,1	20	0,23	13,89	13,75	1,96	5,01	2,30	3,7
2	DEGRAU	19,2%	10,9	0,7	4,7	2,04	2,04	50	260,0	20	0,24	14,10	13,84	2,66	5,04	2,30	2,8
3	DEGRAU	27,8%	15,5	0,7	4,7	2,08	2,08	50	180,0	20	0,26	14,50	13,97	3,88	5,09	2,30	1,9
4	DEGRAU	15,2%	8,6	0,7	4,7	2,02	2,02	50	330,0	20	0,23	13,93	13,77	2,09	5,01	2,30	3,5
5	DEGRAU	10,0%	5,7	0,7	4,7	2,01	2,01	50	500,0	20	0,22	13,74	13,67	1,37	4,98	2,30	5,3

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 170 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

13.0 DIMENSIONAMENTO DO ANTEPARO DE IMPACTO



13.1 DIMENSIONAMENTO VIGA DE IMPACTO

- Força da água:

Velocidade máxima da água = 2,6 m/s

$$Q_x = \gamma_{\text{água}} \cdot v^2 \cdot A \cdot \cos \varnothing = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(2,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \times (1,5 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}) \times \cos 0^\circ = 10140 \text{ N}$$

$$Q_x = 1,014 \text{ tf}$$

$$\text{Empuxo da Água} = \gamma \times h = 1,0 \times 2,00 = 2,00 \text{ tf/m}^2$$

$$\text{Empuxo da Água} = \gamma \times h = 1,0 \times (2,00 - 1,50) = 0,50 \text{ tf/m}^2$$



ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

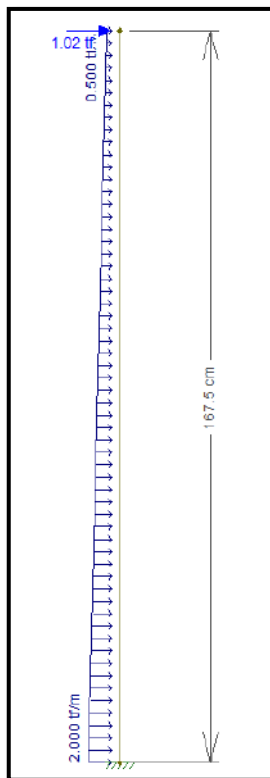
**171
/20.0236**

Nº DF+

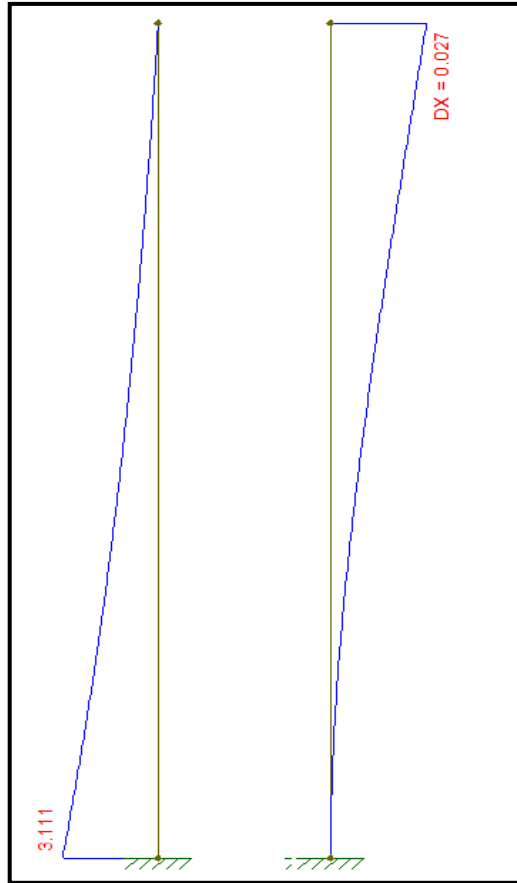
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 172 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0



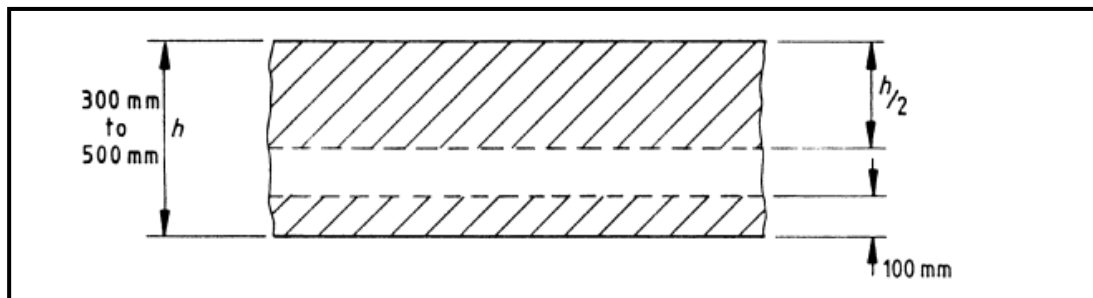
f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra $x/d = 0,45$												
LAJE	Balço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgfm)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	35	3111	50	0,00	3,38	5,25	0,064	12,5	23,4	ϕ 12,5 c/ 20,0

Deformação máxima horizontal = 0,03 cm
 Deformação horizontal limite = $167/150 = 1,11$ cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 173 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

13.2 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} \leq h \leq 50\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}=h/2$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para $h = 35\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}= 35/2 = 17,5\text{cm}$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$$A_s = k k_{\text{fct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,77 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (17,5 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3200 \text{ kgf/cm}^2 =$$

$$A_s = 10,11 \text{ cm}^2 - \varnothing 12,5 \text{ c/12}$$

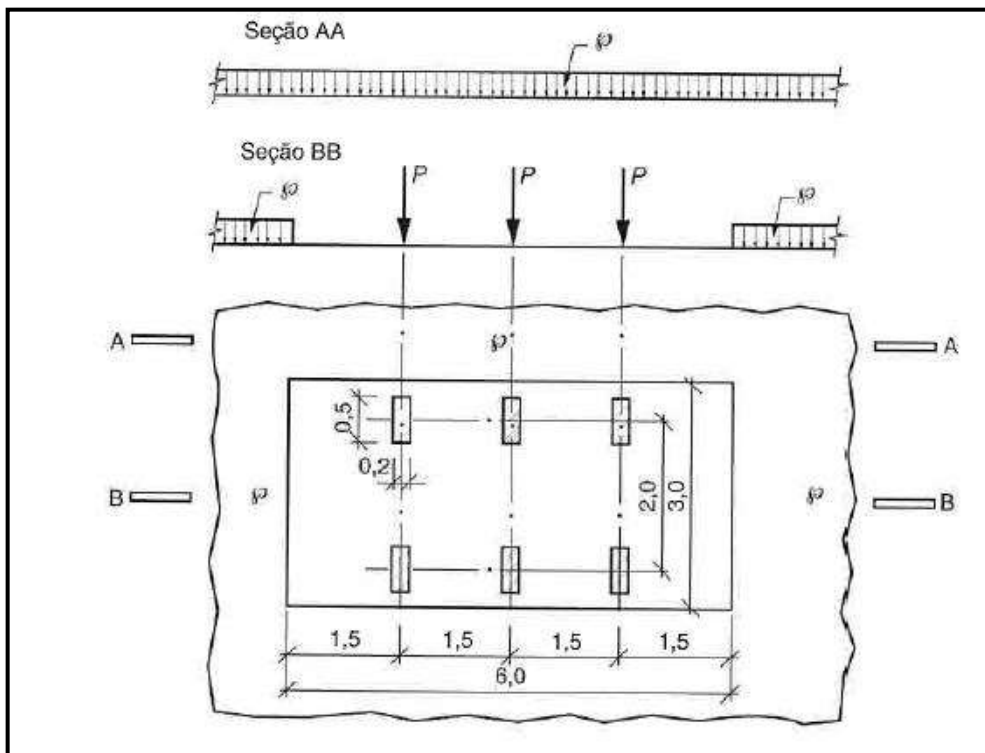
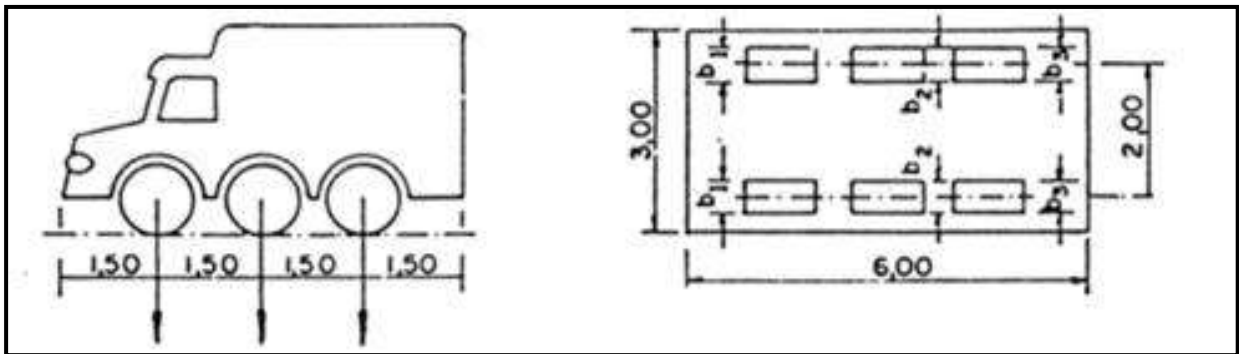
13.3 RESUMO

- Parede e fundo com espessura de 35 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: $\varnothing 12,5 \text{ c/12}$
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: $\varnothing 12,5 \text{ c/12}$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 174 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

14.0 DIMENSIONAMENTO EXTRAVASOR - GALERIA COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS TB45

Será considerado o tráfego de tem tipo TB-45:



Não será considerado o espriamento da carga pois não há camada de solo sobre a Galeria.

Carga do veículo = 450 kN = 45 tf

Carga uniformemente distribuída = 0,5tf/m²

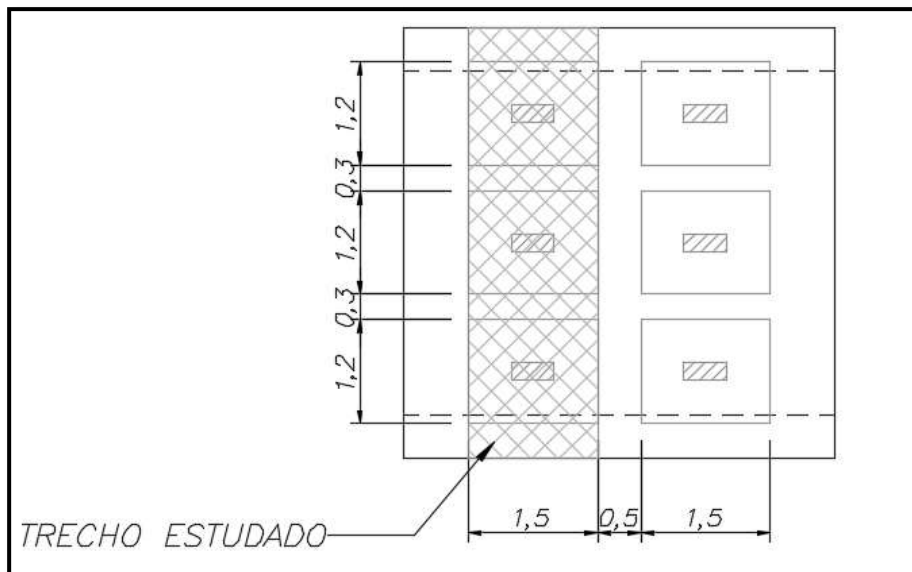
Carga por roda = 45 / 6 = 7,5 tf

$P = 7,5 \times \frac{1,5}{1,4} \times 1,3 = 10,45 \text{ tf}$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 175 /20.0236	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0	

Considerando o espriamento da carga em função da altura de terra de 50cm, tem-se:

$$q = \frac{10,45}{1,2 \times 1,5} = 5,80 \text{tf/m}^2$$



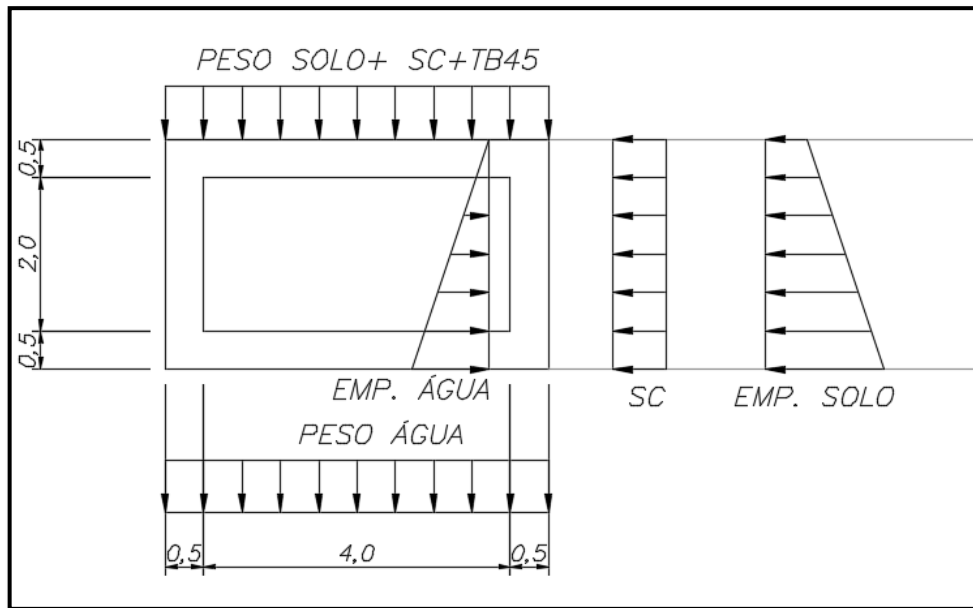
Serão feitas três verificações:

- Canal vazio com as rodas na extremidade
- Canal vazio com as rodas no centro
- Canal cheio de água com as rodas no centro

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 176 /20.0236	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0	

14.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de Veículo (Eh)
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
- Carga trem tipo TB-45



- Carregamento sobre a laje de cobertura:

$$TB45 = 5,8 \text{ tf/m}^2$$

$$q_{TB45} = 0,50 \text{ tf/m}^2$$

$$P_{Plaje} = \gamma_{conc} \cdot h = 2,5 \times 0,50 = 1,25 \text{ tf/m}^2$$

$$P_{Psolo} = \gamma_{solo} \cdot h = 1,7 \times 0,50 = 0,85 \text{ tf/m}^2$$

- Carregamento sobre a laje de fundo:

$$P_{Págua} = \gamma_{água} \cdot h = 1,0 \times 2,0 = 2,0 \text{ tf/m}^2$$

$$P_{Plaje} = \gamma_{conc} \cdot h = 2,5 \times 0,50 = 1,25 \text{ tf/m}^2$$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 177 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Carregamento lateral nas paredes:

$$E_{solo} = \gamma_{solo} \cdot h \cdot k_a = 1,7 \times 3,5 \times 0,361 = 2,15 \text{ tf/m}^2$$

$$E_{\acute{a}gua} = \gamma_{\acute{a}gua} \cdot h = 1,0 \times 2,0 = 2,0 \text{ tf/m}^2$$

$$PP_{parede} = \gamma_{conc} \cdot h \cdot e = 2,5 \times 3,00 \times 0,50 = 3,75 \text{ tf/m}$$

$$SC = SC \cdot k_a = 5,8 \times 0,361 = 2,09 \text{ tf/m}^2$$

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

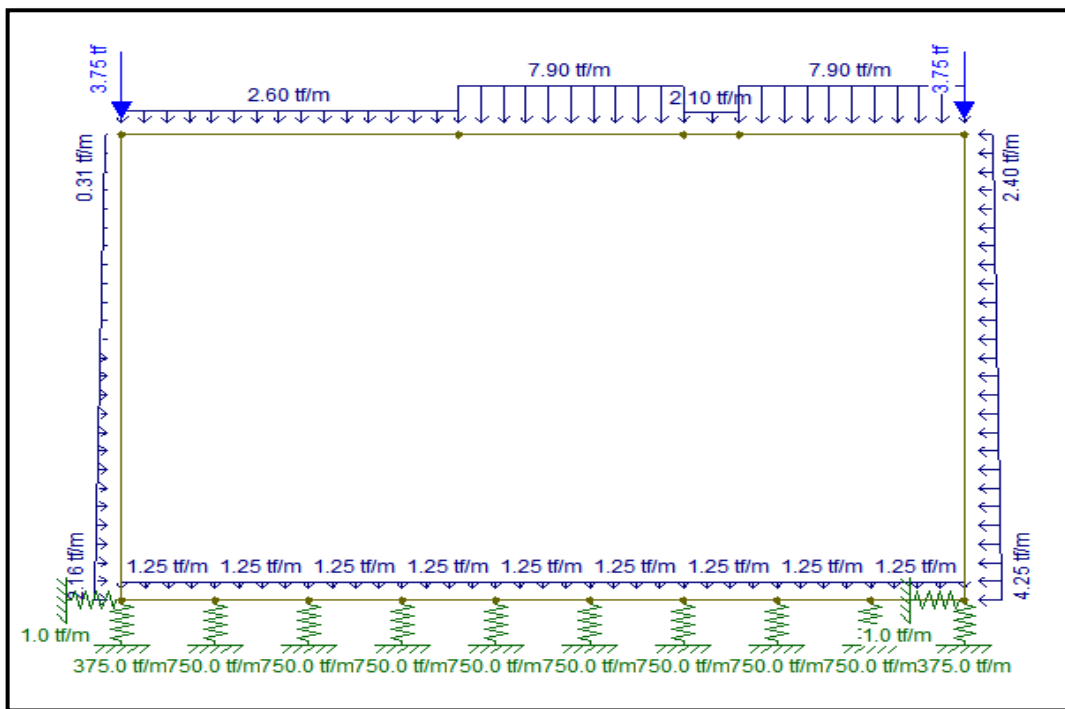
Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15 \text{ MPa/m}$.
Para a distância entre nós de 50cm temos:

$$1500 \text{ tf/m}^3 \times 0,50 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 750 \text{ tf/m}$$

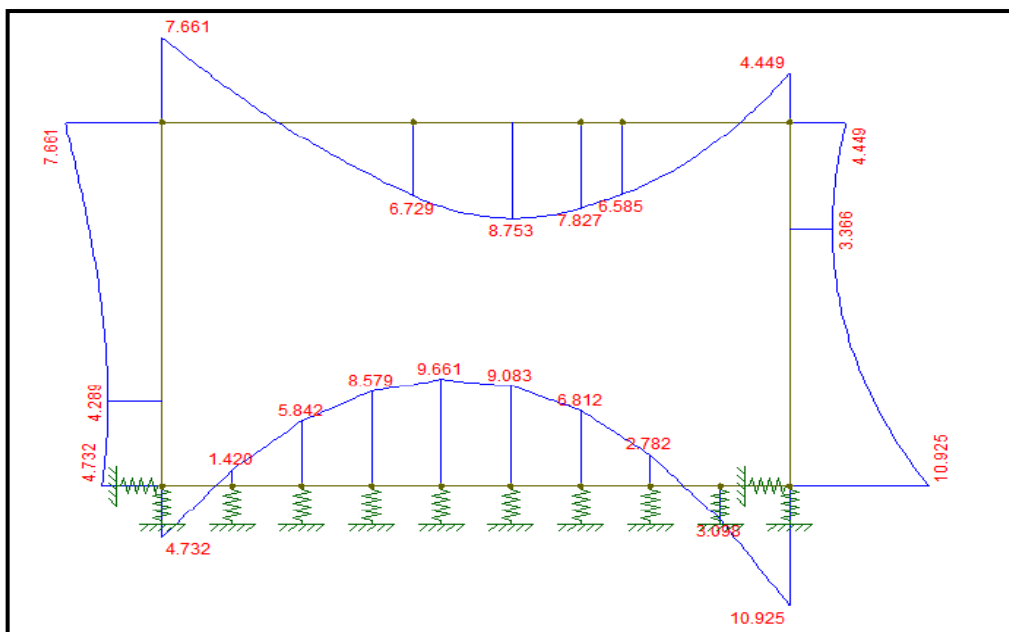
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 178 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

14.2 DIMENSIONAMENTO GALERIA VAZIA - RODAS NA EXTREMIDADE

- Esforços



- Momento Fletor



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

179
/20.0236

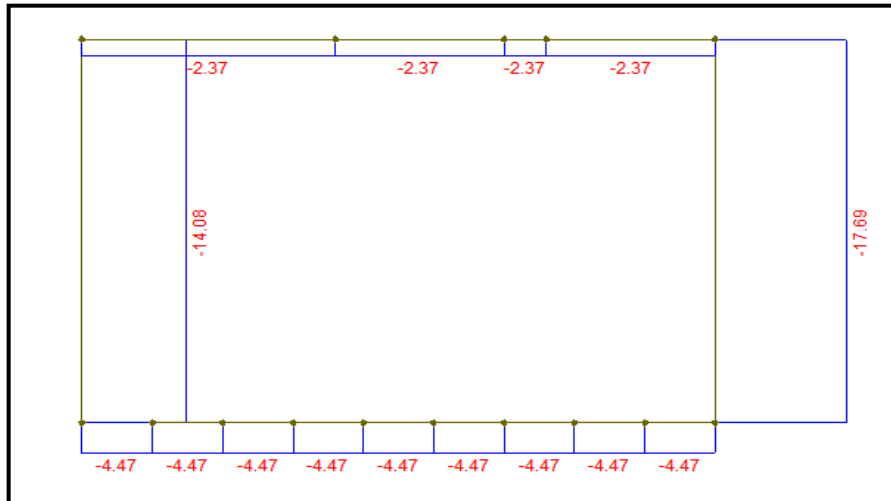
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

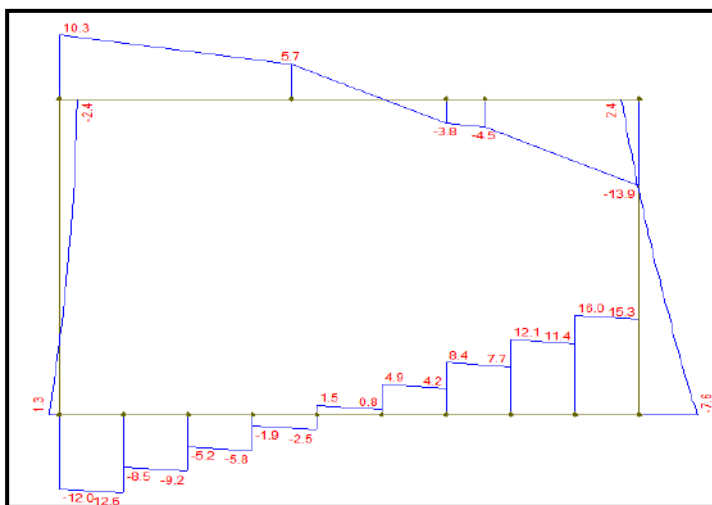
0

- Esforço Normal



f_{ck} (MPa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s,min}$ de Norma? s											
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 15 cm												
Posição limite da linha neutra $x/d = 0,45$													
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (kgf*m)	f_{yk} (kN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s,ris}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
PAR	Horizontal	N	50	45	10925	50	0,00	7,99	8,21	0,183	12,5	14,9	ϕ 12,5 c/ 12,5
L FUNDO	Horizontal	N	50	45	9661	50	0,00	7,04	7,50	0,142	12,5	16,4	ϕ 12,5 c/ 15,0
L TOPO	Horizontal	N	50	45	8753	50	0,00	6,37	7,50	0,116	12,5	16,4	ϕ 12,5 c/ 15,0

- Esforço Cortante



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

**180
/20.0236**

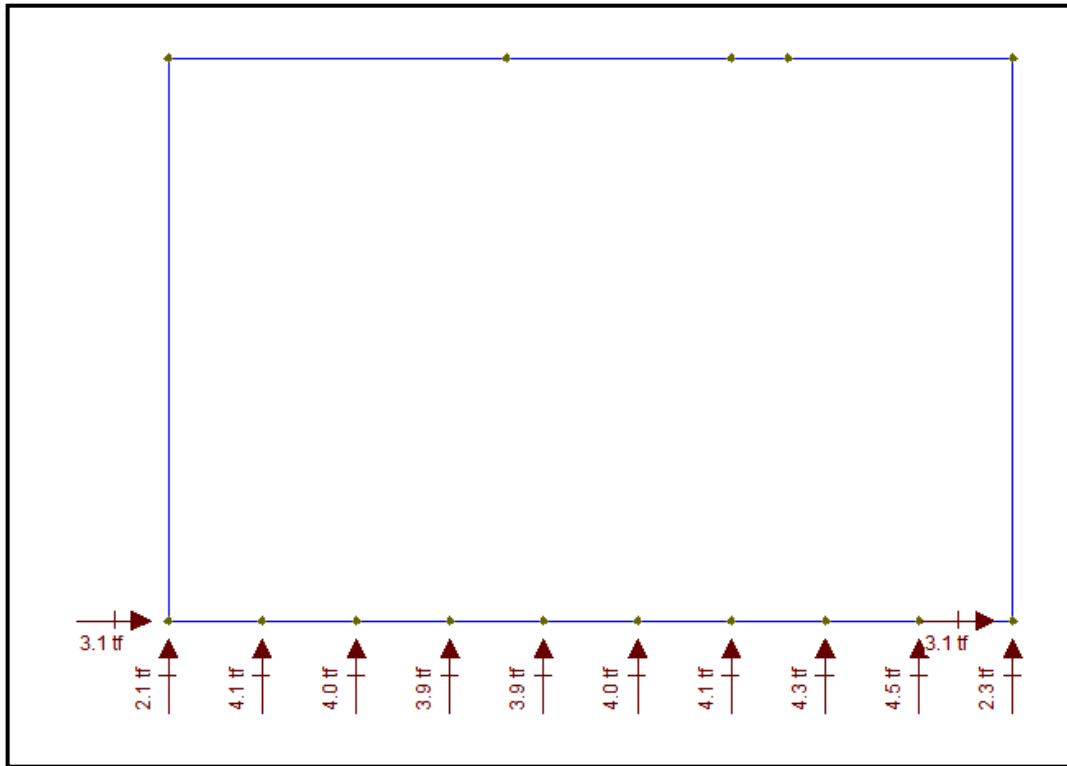
REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição			
Geral:	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	160,0	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,500	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²	
Área de concreto (Ac)	0,450	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (fywd)- Item 19.4.2	435	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
fctd	$(0,7 * 0,3 + f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15	m
ρ	As / (bw * d)	0,0000	
σcp	Ns * γf / (bw * h)	0,00	MPa
VRd1	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	224,84	kN
Vd	V * γf	224,00	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
αv1	0,7 - fck / 200	0,500	
VRd2	0,5 * αv1 * fctd * bw * d * 0,9	2169,64	kN
Vd < VRd2 - OK!			

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 181 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Reações



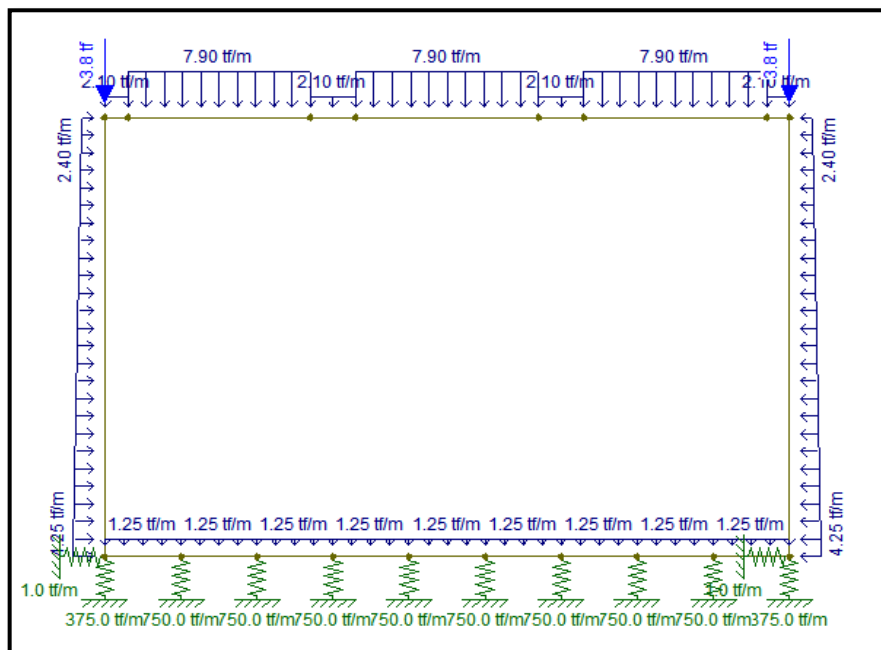
Reação máxima = 4500 kgf

Tensão máxima = $4500 / (50 \times 100) = 0,9 \text{ Kgf/cm}^2$

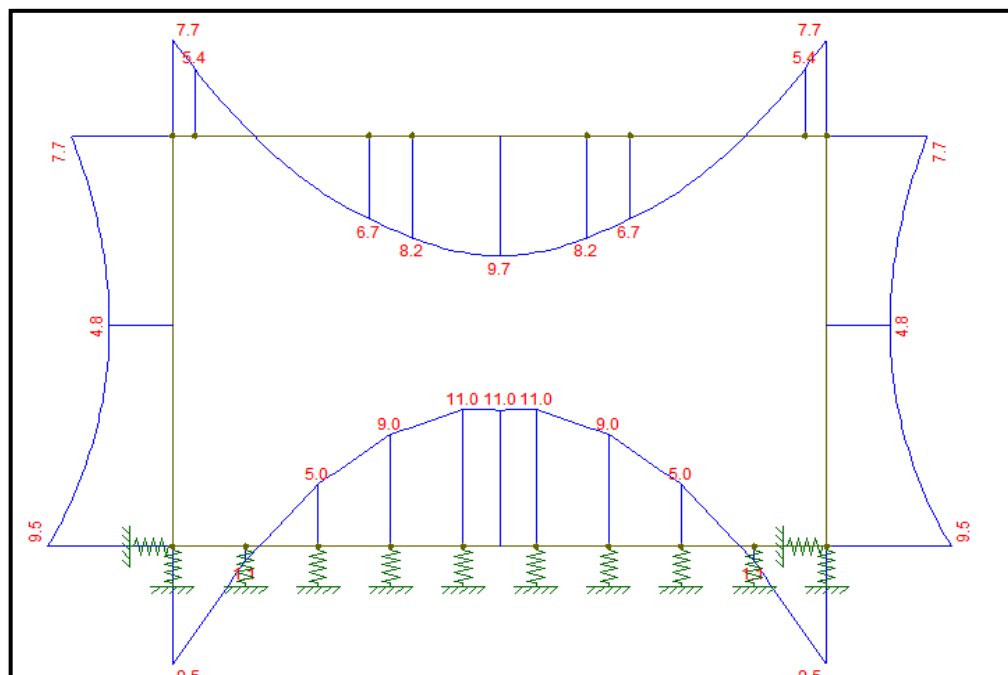
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 182 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

14.3 DIMENSIONAMENTO GALERIA VAZIA - RODAS NO CENTRO

- Esforços



- Momento Fletor



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**183
/20.0236**

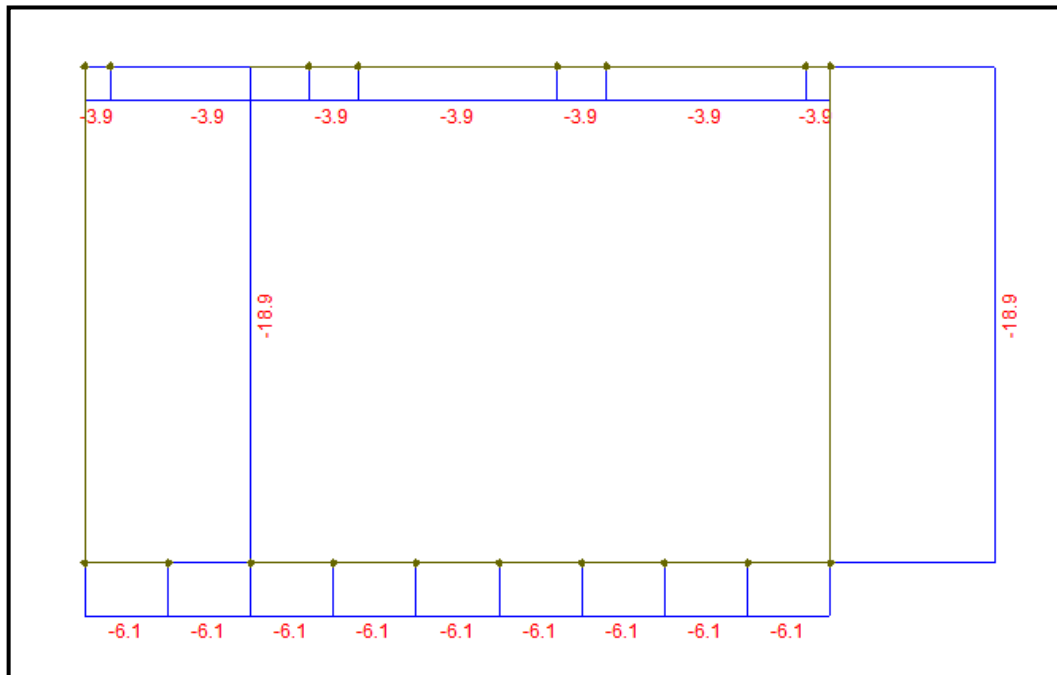
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Esforço Normal



f_{ck} (MPa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 15 cm											
	Posição limite da linha neutra x/d = 0,45											
LAJE	Balço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (kgf*m)	f_{yk} (kN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	σ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
PAR	Horizontal	N	50	9500	50	0,00	6,92	7,50	0,137	12,5	16,4	σ 12,5 c/ 15,0
L FUNDO	Horizontal	N	50	11000	50	0,00	8,04	8,27	0,185	12,5	14,8	σ 12,5 c/ 12,5
L TOPO	Horizontal	N	50	9500	50	0,00	6,92	7,50	0,137	12,5	16,4	σ 12,5 c/ 15,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**184
/20.0236**

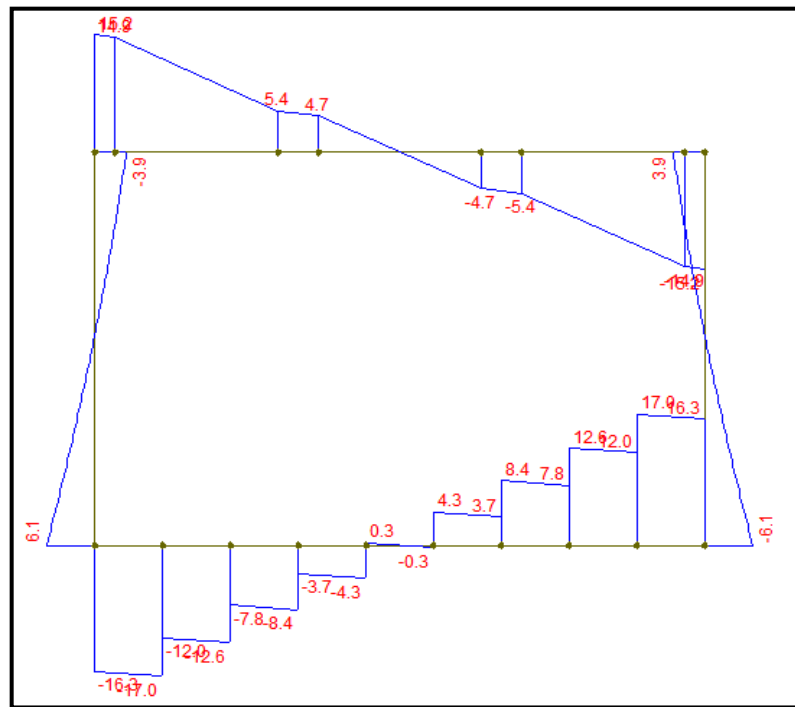
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CORTANTE		
	Dados		
Força Cortante Reduzida (V)	170,0	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,500	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	12,50	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,450	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{y,rd}) - Item 19.4.2	435	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f _{ct,d}	$(0,7 + 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15	m
ρ	A _s / (b _w * d)	0,0028	
σ _{cp}	N _s * γ _f / (b _w * h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 * f_{ct,d} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	245,66	kN
V _d	V * γ _f	238,00	kN
Não é necessário armar: V _d < V _{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimada			
α _{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V _{Rd2}	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{ct,d} * b_w * d * 0,9$	2169,64	kN
V _d < V _{Rd2} - OK!			

- Reações:

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

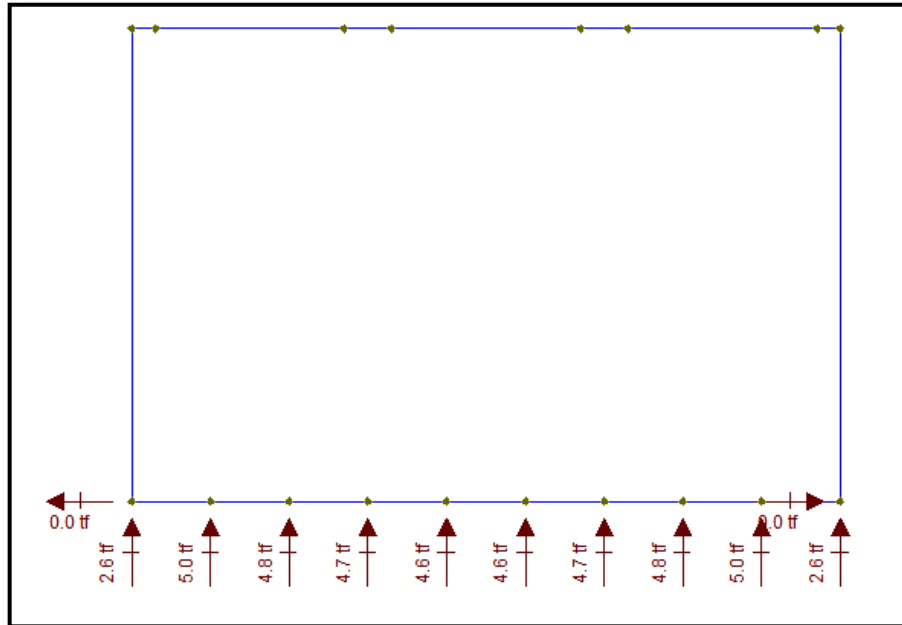
**185
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



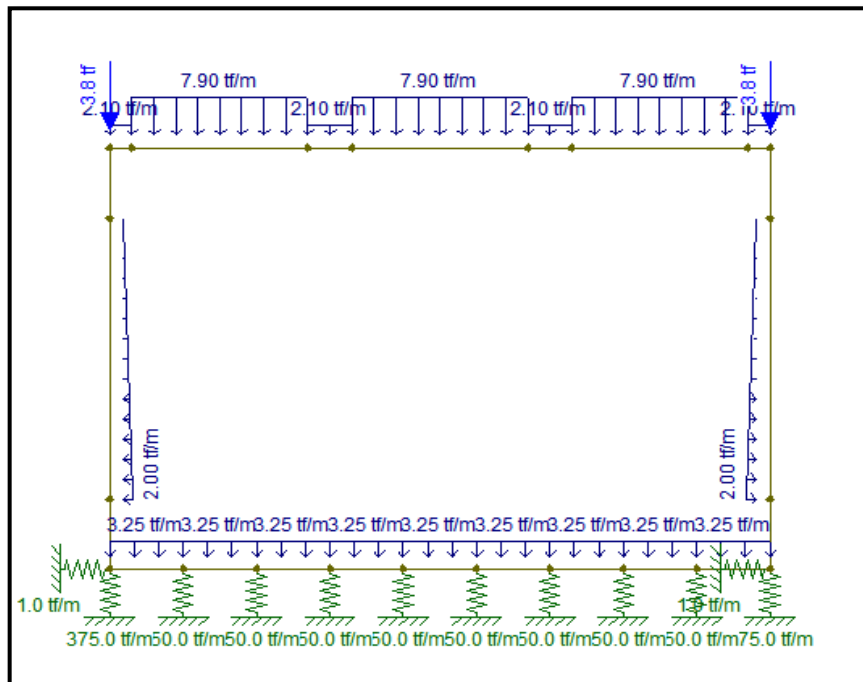
Reação máxima = 5000 kgf

Tensão máxima = $5000 / (50 \times 100) = 1,0 \text{ Kgf/cm}^2$

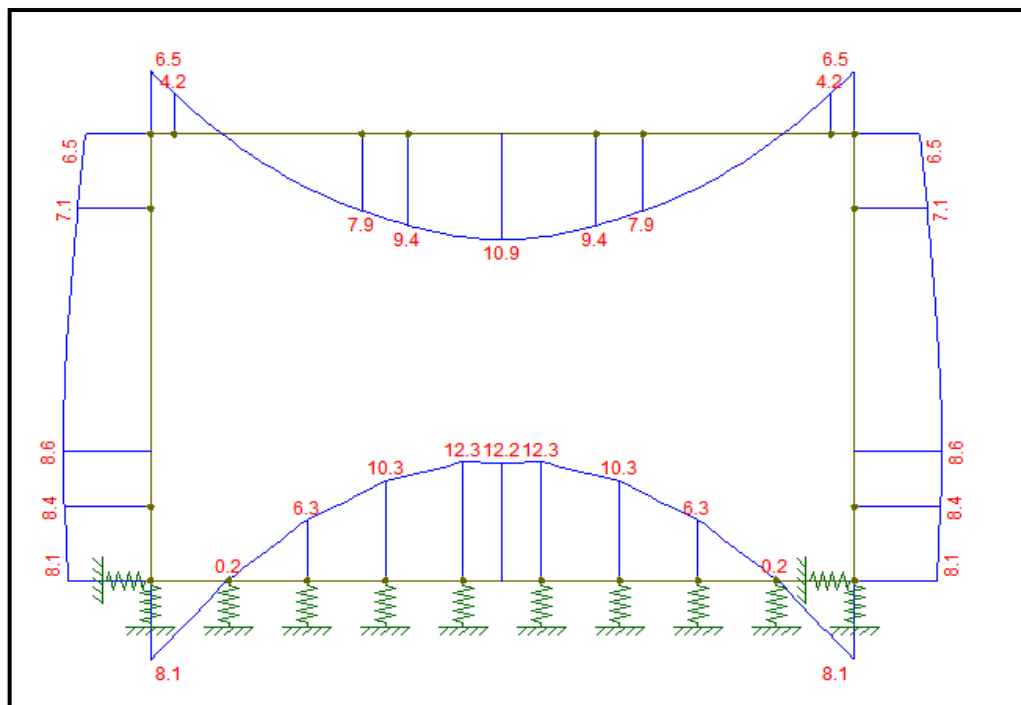
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 186 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

14.4 DIMENSIONAMENTO GALERIA CHEIA - RODAS NO CENTRO

- Esforços



- Momento Fletor



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**187
/20.0236**

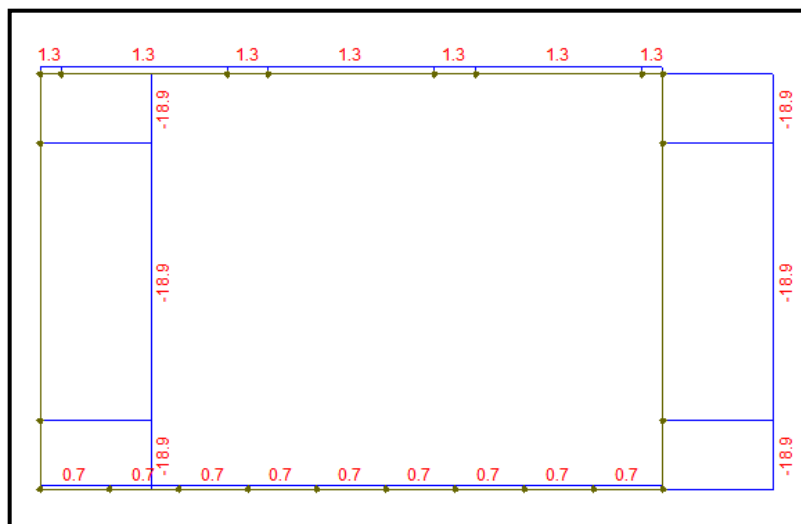
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Esforço Normal



f_{ck} (MPa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? <input checked="" type="checkbox"/> s											
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 15 cm												
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45													
LAJE	Balço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (kgf·m)	f_{yk} (kN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{ISS}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
PAR	Horizontal	N	50	45	8600	50	0,00	6,26	7,50	0,112	12,5	16,4	ϕ 12,5 c/ 15,0
L FUNDO	Horizontal	N	50	45	10900	50	0,00	7,97	8,19	0,182	12,5	15,0	ϕ 12,5 c/ 12,5
L TOPO	Horizontal	N	50	45	9500	50	0,00	6,92	7,50	0,137	12,5	16,4	ϕ 12,5 c/ 15,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**188
/20.0236**

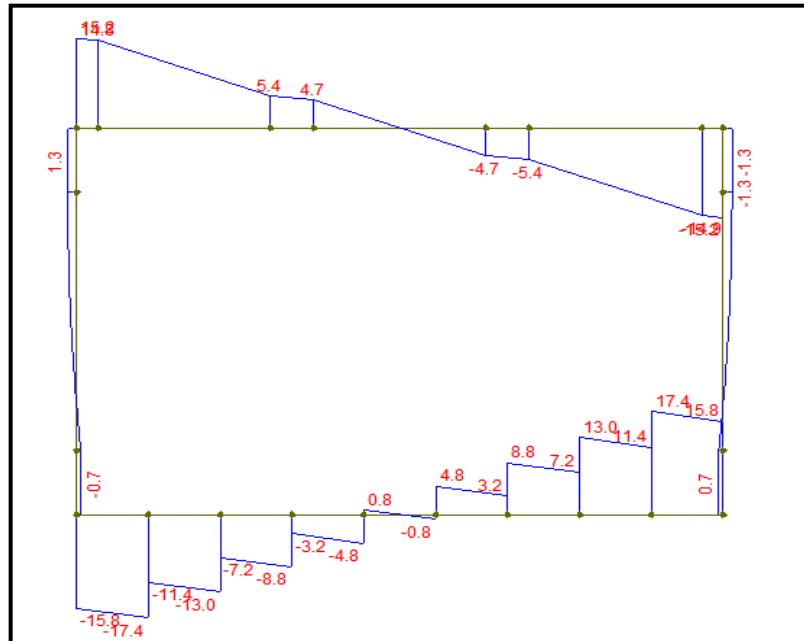
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

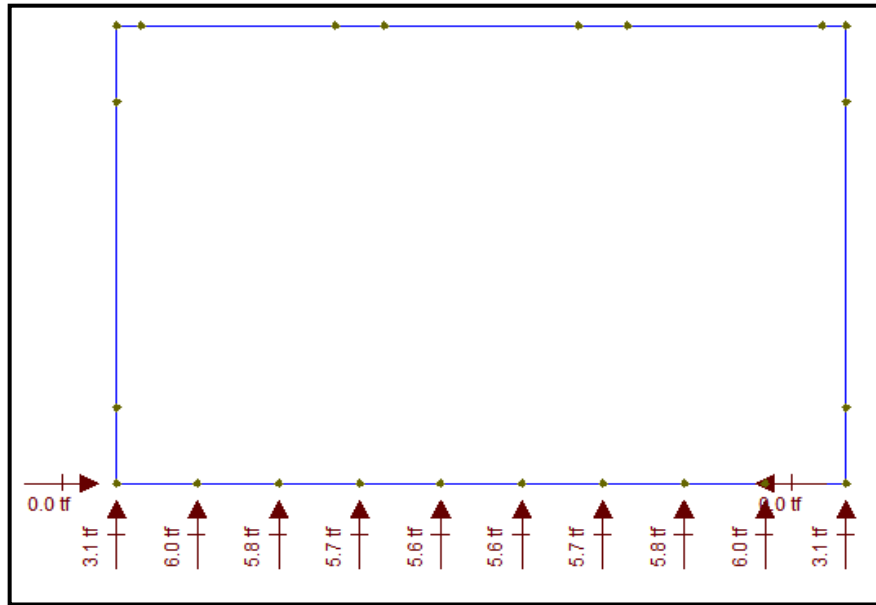
- Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição	CORTANTE		
Geral:	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	174,0	kN	
Força de Compressão (Nc)	-7,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	-7,0	kN	
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,500	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (As)	12,50	cm ²	
Área de concreto (Ac)	0,450	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd}) - Item 19.4.2	435	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f _{ctd}	$(0,7 + 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15	m
ρ	As / (bw * d)	0,0028	
σ _{cp}	Ns * γ _f / (bw * h)	-0,02	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	244,33	kN
V _d	V * γ _f	243,60	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	0,7 - f _{ck} / 200	0,500	
V _{Rd2}	0,5 * α _{v1} * f _{cd} * bw * d * 0,9	2169,64	kN
Vd < VRd2 - OK!			

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 189 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Reações:



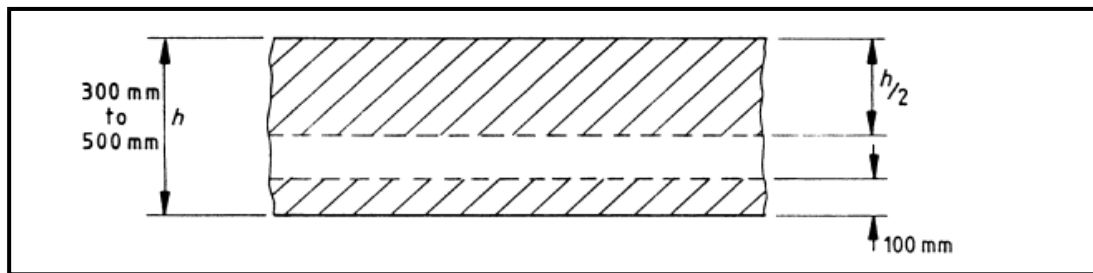
Reação máxima = 6000 kgf

Tensão máxima = $6000 / (50 \times 100) = 1,2 \text{ Kgf/cm}^2$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 190 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

14.5 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} \leq h \leq 50\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}=h/2$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para $h = 50\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}= 50/2 = 25\text{cm}$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$$A_s = k k_{\text{fct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,68 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (25 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3200 \text{ kgf/cm}^2 =$$

$$A_s = 12,75 \text{ cm}^2 - \varnothing 12,5 \text{ c/9}$$

$$A_s = k k_{\text{fct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,68 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (25 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 2800 \text{ kgf/cm}^2 =$$

$$A_s = 14,57 \text{ cm}^2 - \varnothing 16 \text{ c/13}$$

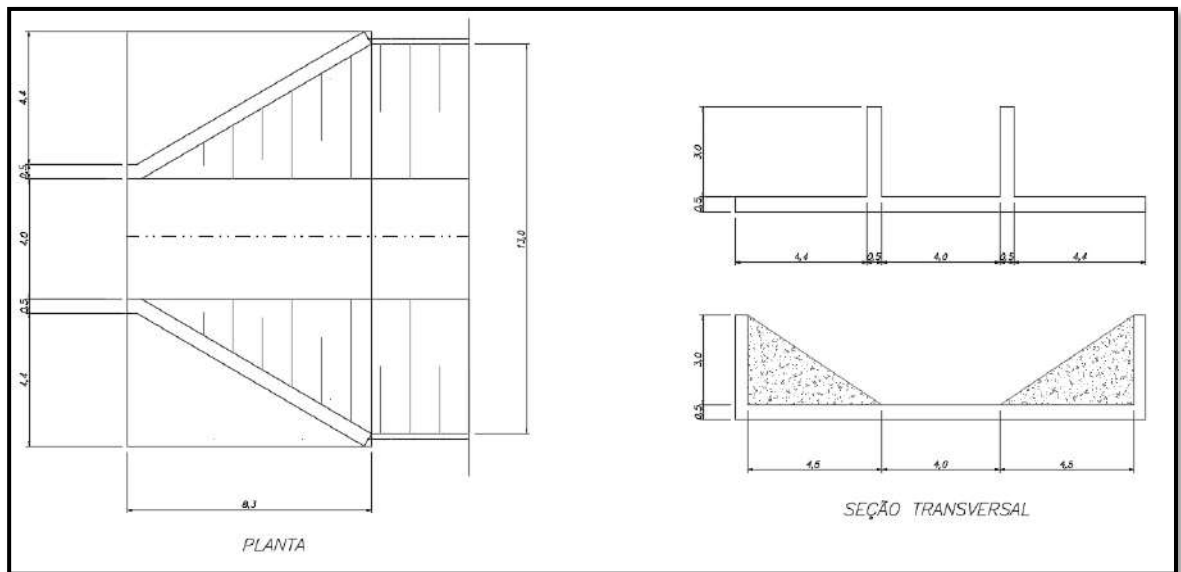
14.6 RESUMO

- Parede, fundo e topo com espessura de 50 cm
- Armadura transversal externa e interna das paredes e lajes= $\varnothing 16 \text{ c/13}$
- Armadura longitudinal das paredes e lajes = $\varnothing 12,5 \text{ c/9}$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 191 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

15.0 DIMENSIONAMENTO EXTRAVASOR - TRANSIÇÃO

Para dimensionamento da Transição serão analisadas duas seções transversais, a inicial e a final, conforme ilustrado abaixo na imagem.



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

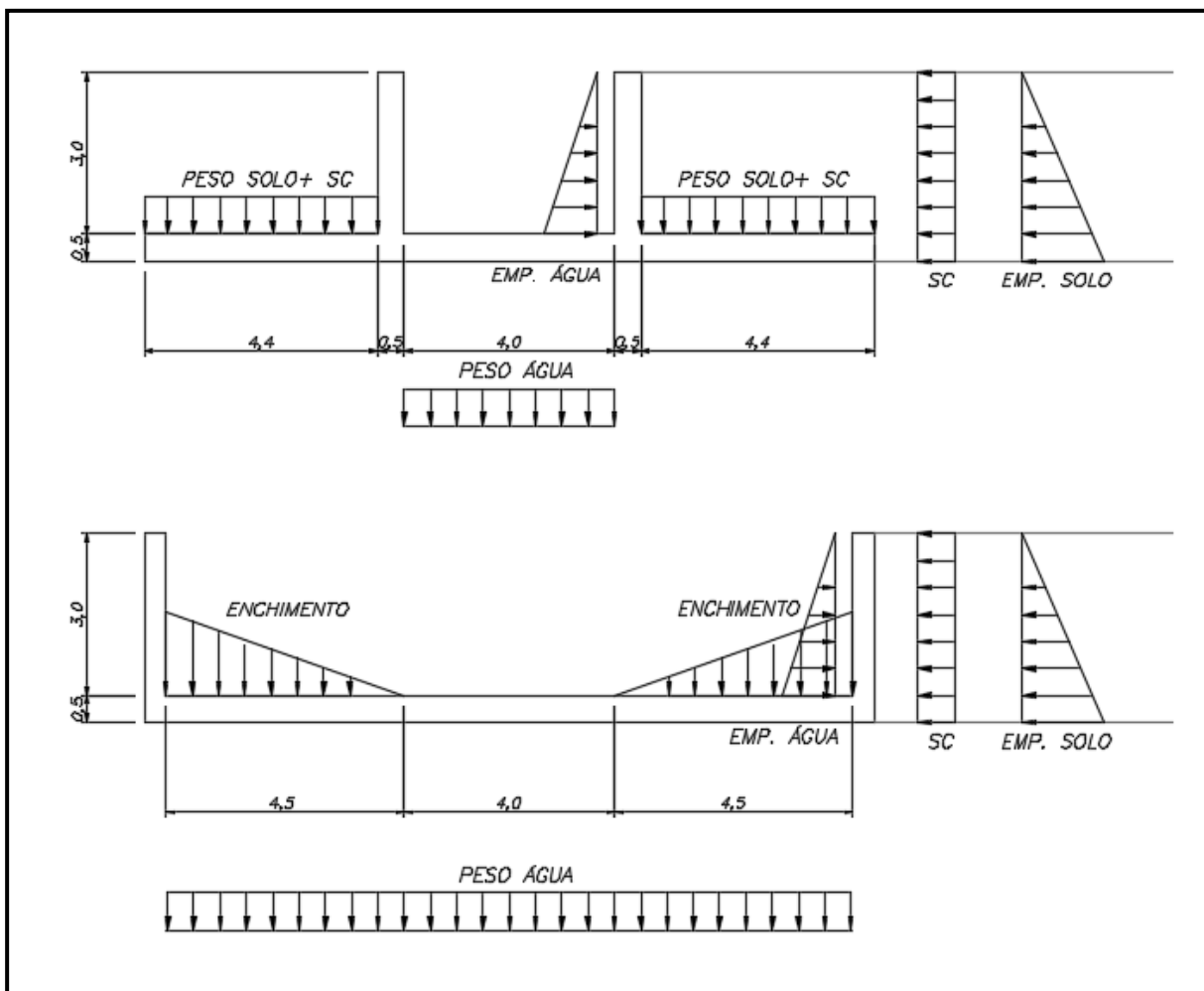
192
/20.0236

REV.

0

15.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga 1000kgf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água



- Carregamento sobre a Aba:

$$P_{Plaje} = \gamma_{conc} \cdot h = 2,5 \times 0,50 = 1,25 \text{ tf/m}^2$$

$$P_{Psolo} = \gamma_{solo} \cdot h = 1,7 \times 3,0 = 5,1 \text{ tf/m}^2$$

$$SC = 1,0 \text{ tf/m}^2$$

- Carregamento sobre a laje de fundo:

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº MOSAIC -	PÁGINA 193 /20.0236	
	Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0	

$$PP_{\text{água}} = \gamma_{\text{água}} \cdot h = 1,0 \times 3,0 = 3,0 \text{ tf/m}^2$$

$$PP_{\text{laje}} = \gamma_{\text{conc}} \cdot h = 2,5 \times 0,50 = 1,25 \text{ tf/m}^2$$

$$ENCH = \gamma_{\text{conc}} \cdot h = 2,5 \times 3,0 = 7,25 \text{ tf/m}^2 \text{ (Variável de 7,25 a 0)}$$

- Carregamento lateral nas paredes:

$$E_{\text{solo}} = \gamma_{\text{solo}} \cdot h \cdot k_a = 1,7 \times 3,5 \times 0,361 = 2,15 \text{ tf/m}^2$$

$$E_{\text{água}} = \gamma_{\text{água}} \cdot h = 1,0 \times 3,0 = 3,0 \text{ tf/m}^2$$

$$SC = SC \cdot k_a = 1,0 \times 0,361 = 0,36 \text{ tf/m}^2$$

$$PP_{\text{parede}} = \gamma_{\text{conc}} \cdot h \cdot e = 2,5 \times 3,00 \times 0,50 = 3,75 \text{ tf/m}$$

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade, compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15 \text{ MPa/m}$.
 Para a distância entre nós de 50cm temos:

$$1500 \text{ tf/m}^3 \times 0,50 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 750 \text{ tf/m}$$

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

194
/20.0236

Nº DF+

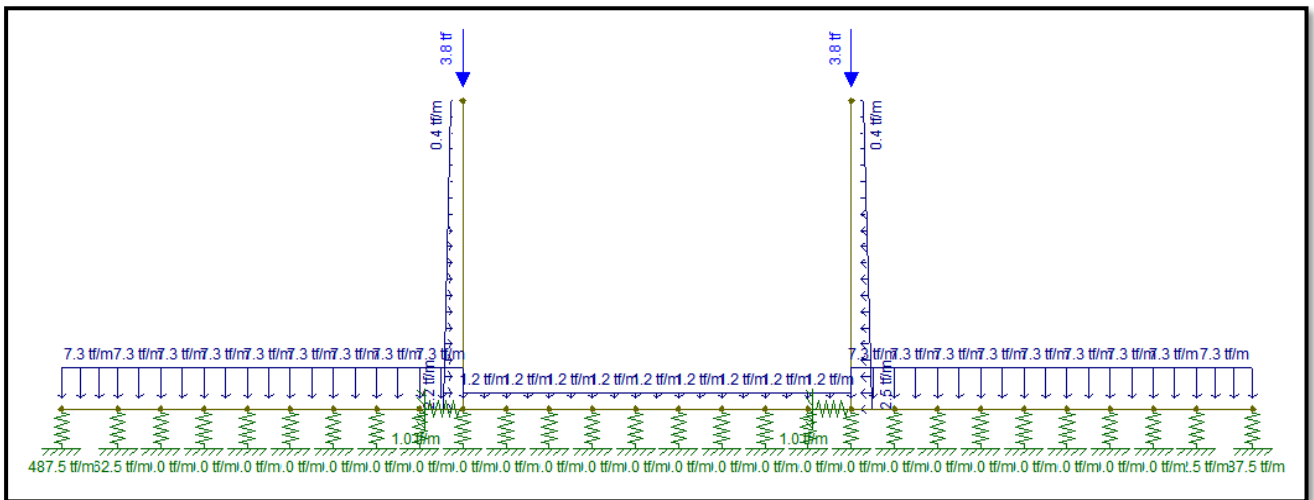
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

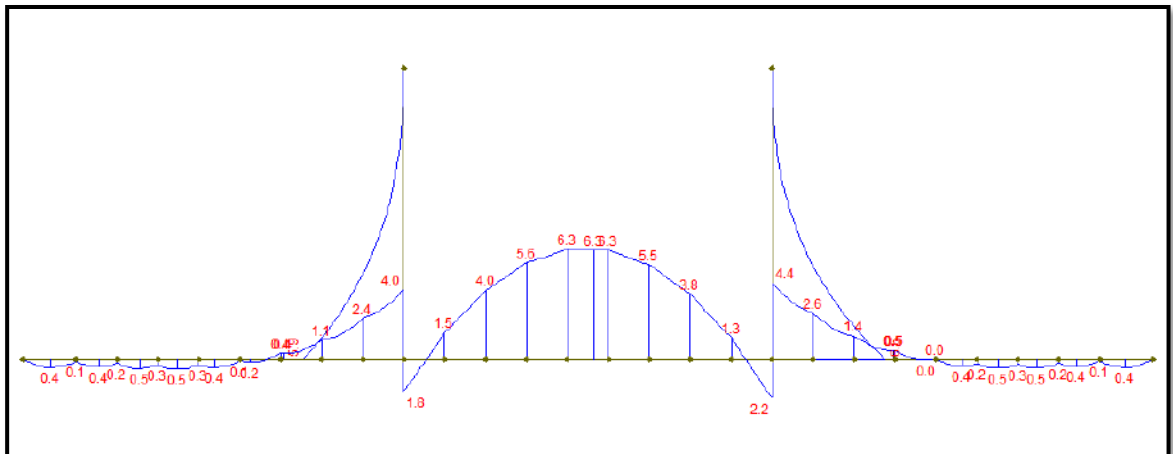
0

15.2 DIMENSIONAMENTO SEÇÃO FINAL VAZIO

- Esforços



- Momento Fletor



f_{ck} (MPa)= 30	d' (cm)= 5	Usar A_{smin} de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 15 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (kgf·m)	f_{yk} (kN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	A_{siss} (cm ²)	W_{final} (mm)	σ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
PAR	Horizontal	n	50	6600	50	0,00	4,78	7,50	0,066	12,5	16,4	σ 12,5 c/ 15,0
LAJE	Horizontal	N	50	6300	50	0,00	4,56	7,50	0,060	12,5	16,4	σ 12,5 c/ 15,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**195
/20.0236**

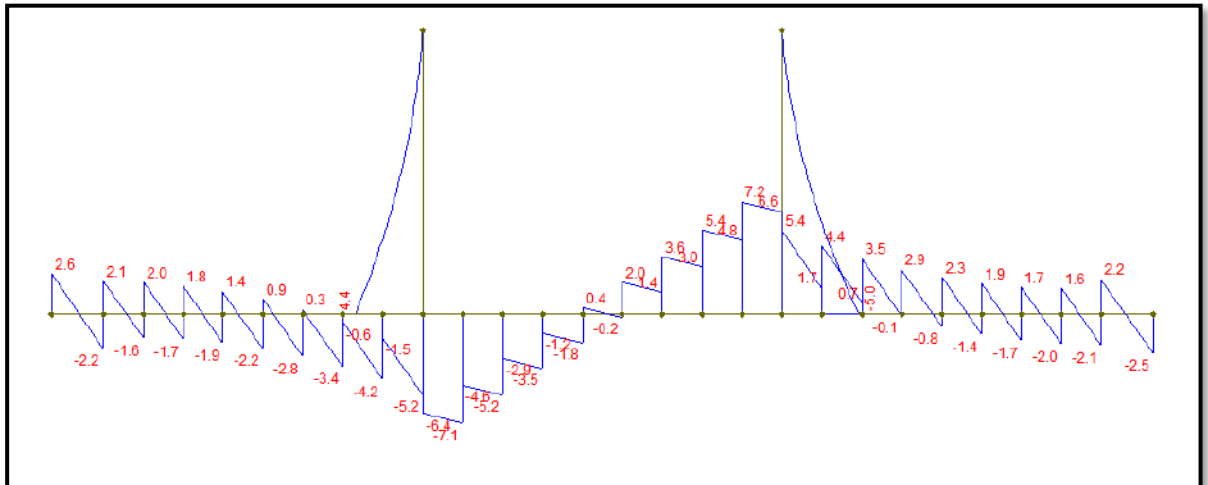
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

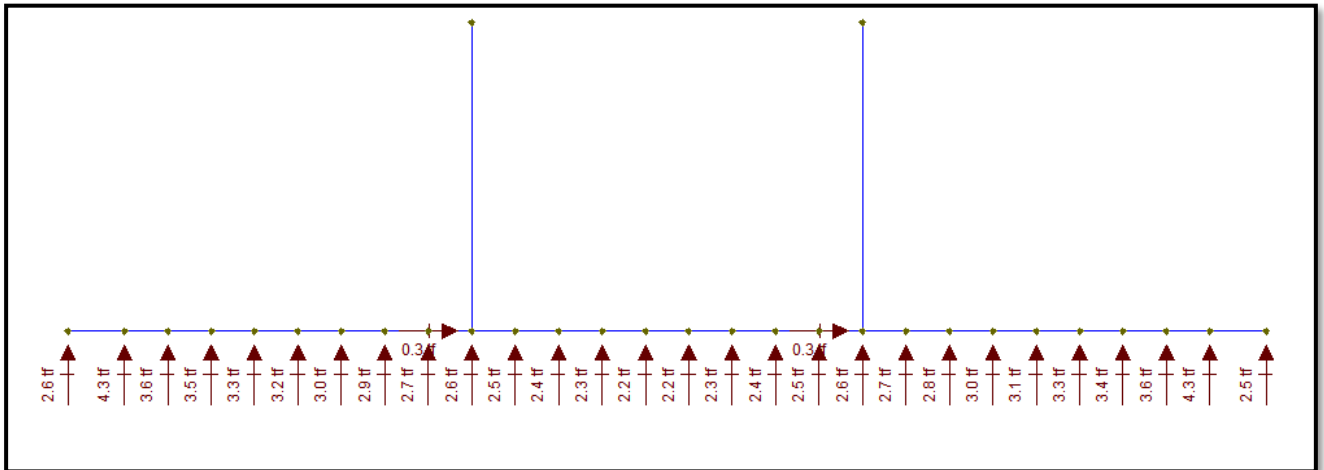
- Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição			
Geral:	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	72,0	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,500	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²	
Área de concreto (Ac)	0,450	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (fywd)- Item 19.4.2	435	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
fctd	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15	m
ρ	As / (bw * d)	0,0000	
σcp	Ns * γf / (bw * h)	0,00	MPa
VRd1	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	224,84	kN
Vd	V * γf	100,80	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
αv1	0,7 - fck / 200	0,500	
VRd2	0,5 * αv1 * fctd * bw * d * 0,9	2169,64	kN
Vd < VRd2 - OK!			

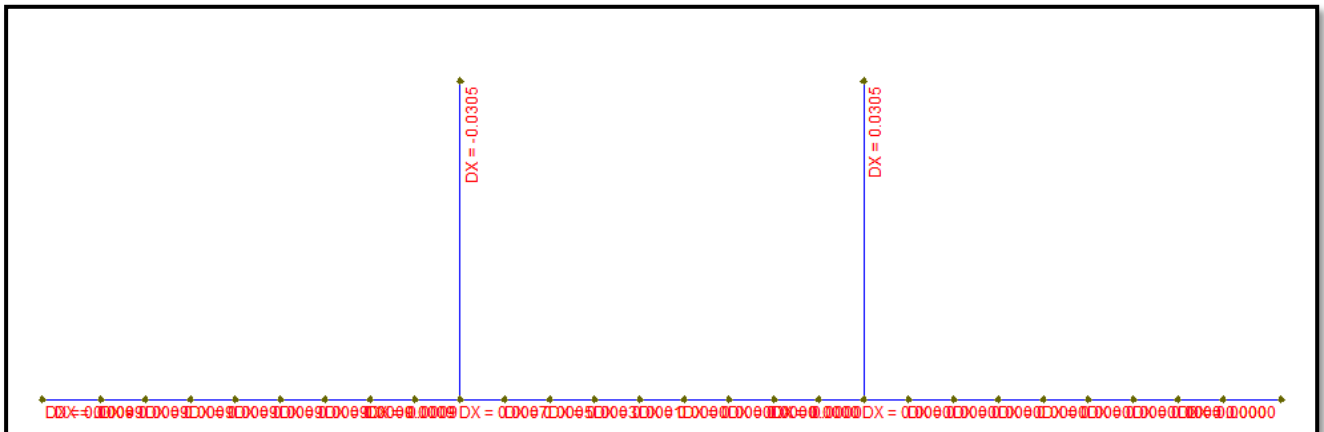
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 196 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Reações



Reação máxima = 4300 kgf
 Tensão máxima = $4300 / (50 \times 100) = 0,9 \text{ Kgf/cm}^2$

- Deformações:



Deformação máxima horizontal = 0,39 cm
 Deformação horizontal limite = $350/150 = 2,3 \text{ cm}$



ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

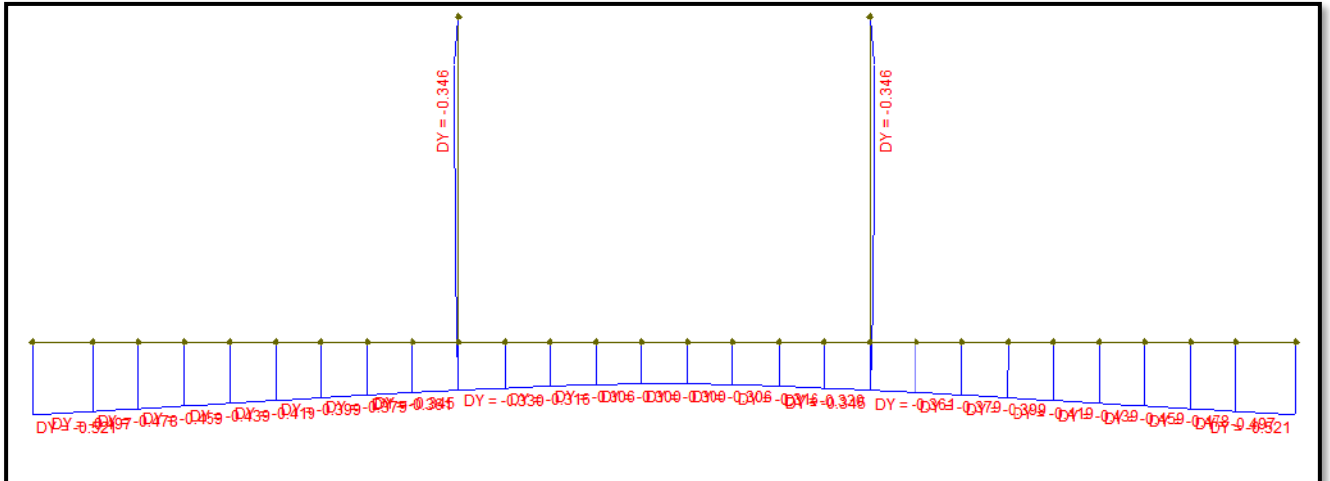
197
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



Deformação máxima vertical = 0,52 cm

PROJETO DETALHADO
 BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
 NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
 ESTRUTURAL
 MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

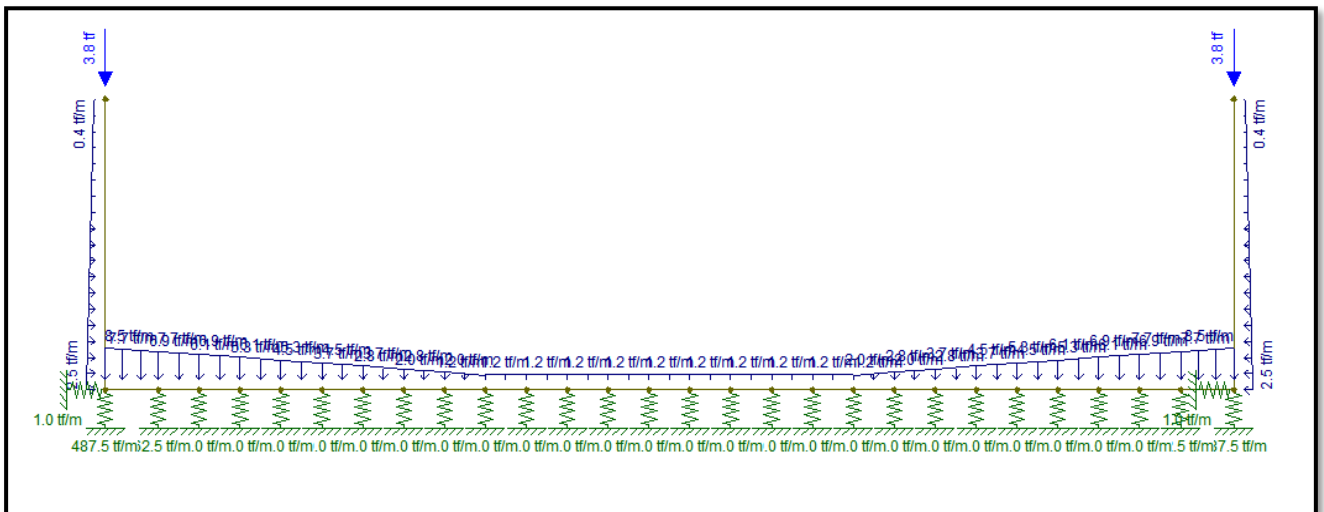
198
/20.0236

REV.

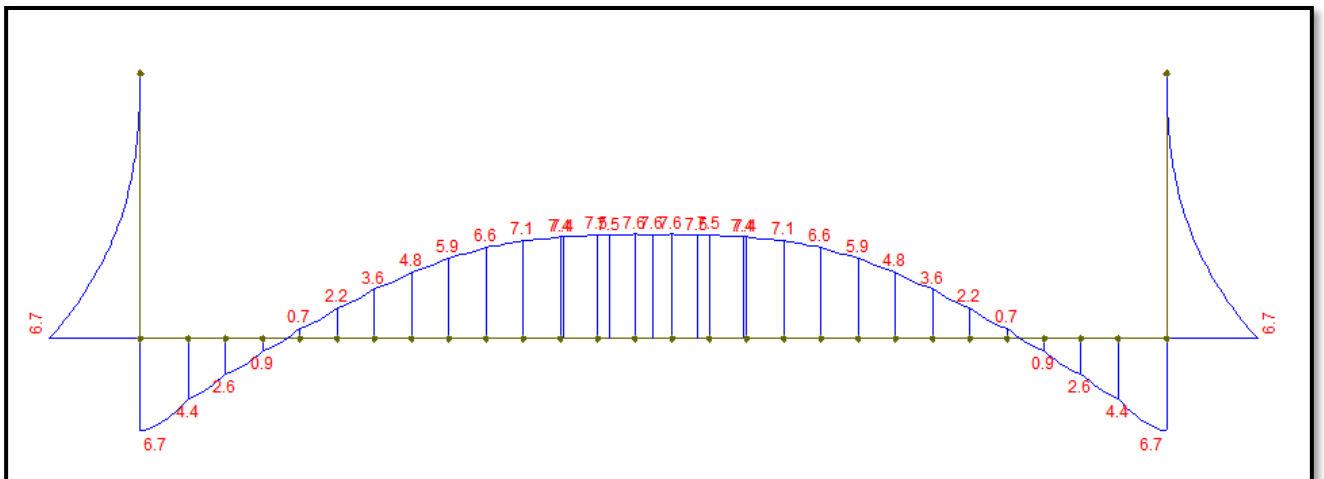
0

15.3 DIMENSIONAMENTO SEÇÃO INICIAL VAZIO

- Esforços



- Momento Fletor



f_{ck} (MPa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 15 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (kgf·m)	f_{yk} (kN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{liss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
PAR	Horizontal	n	50	6700	50	0,00	4,86	7,50	0,068	12,5	16,4	ϕ 12,5 c/ 15,0
LAJE	Horizontal	N	50	7600	50	0,00	5,52	7,50	0,087	12,5	16,4	ϕ 12,5 c/ 15,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**199
/20.0236**

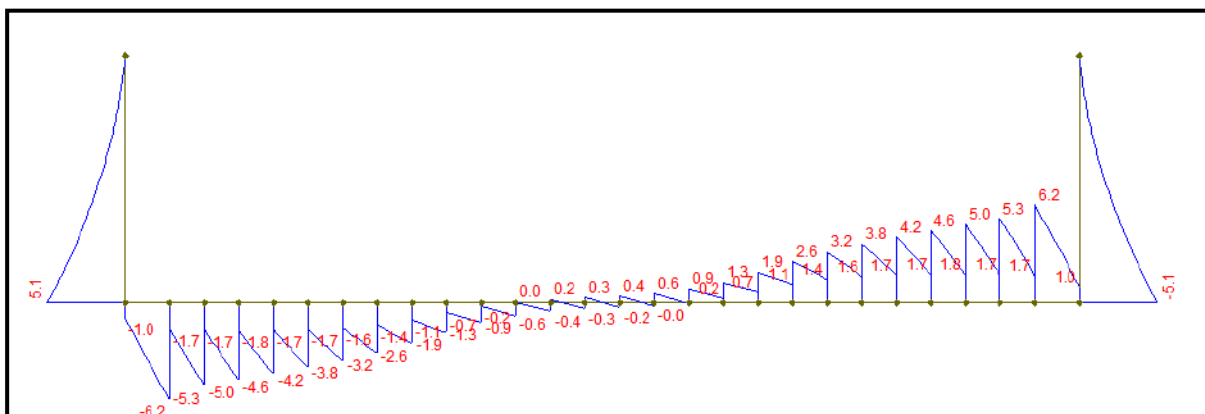
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

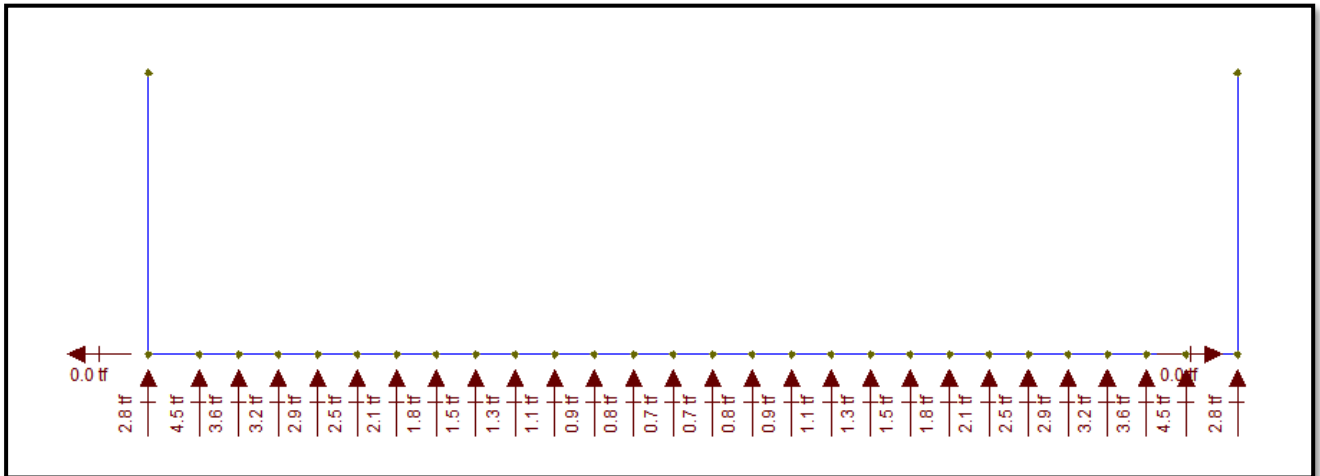
- Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento		
Descrição Geral:	CORTANTE	
Dados		
Força Cortante Reduzida (V)	62,0	kN
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN
Força de Protensão (Np)	0,0	kN
Ns = Nc + Np	0,0	kN
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)	0,500	m
Cobrimento (d')	0,050	m
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²
Área de concreto (Ac)	0,450	m ²
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO	
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa
Resistência de cálculo (fywd) - Item 19.4.2	435	MPa
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4	
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)		
<i>Fases</i>		
fctd	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45 MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15 m
ρ	As / (bw * d)	0,0000
σcp	Ns * γf / (bw * h)	0,00 MPa
VRd1	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	224,84 kN
Vd	V * γf	86,80 kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1		
Verificação da Diagonal Comprimada		
αv1	0,7 - fck / 200	0,500
VRd2	0,5 * αv1 * fcd * bw * d * 0,9	2169,64 kN
Vd < VRd2 - OK!		

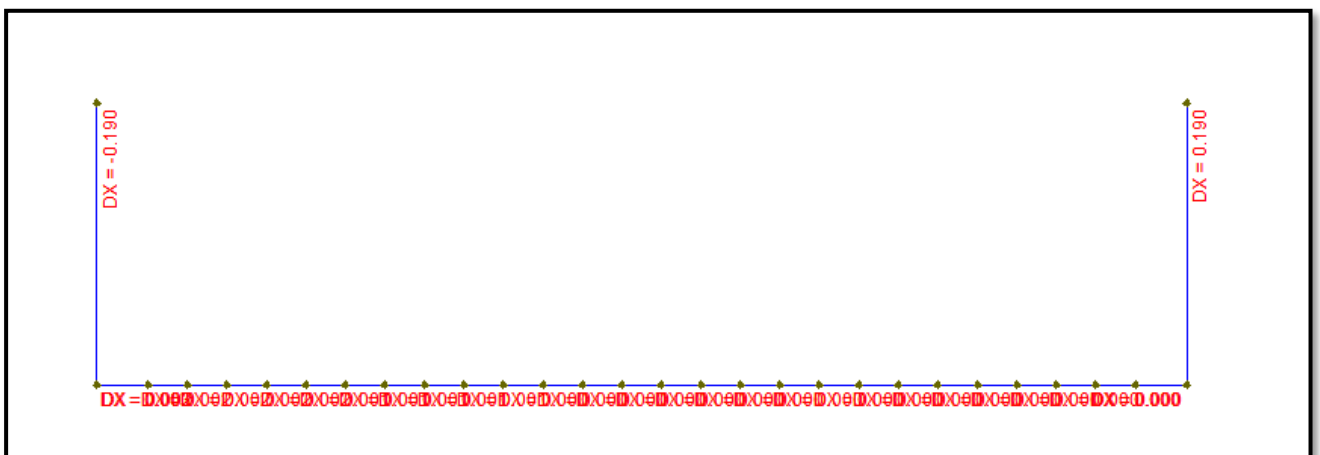
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 200 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Reações



Reação máxima = 4500 kgf
 Tensão máxima = $4500 / (50 \times 100) = 0,9 \text{ Kgf/cm}^2$

- Deformações:



Deformação máxima horizontal = 0,2 cm
 Deformação horizontal limite = $350/150 = 2,3 \text{ cm}$

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

202
/20.0236

Nº DF+

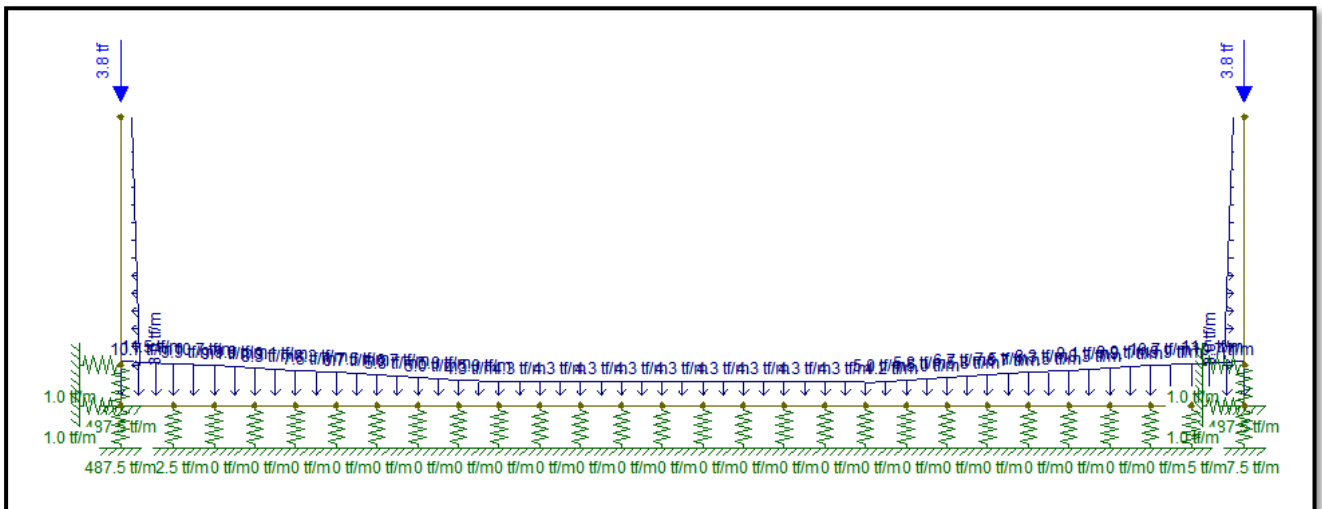
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

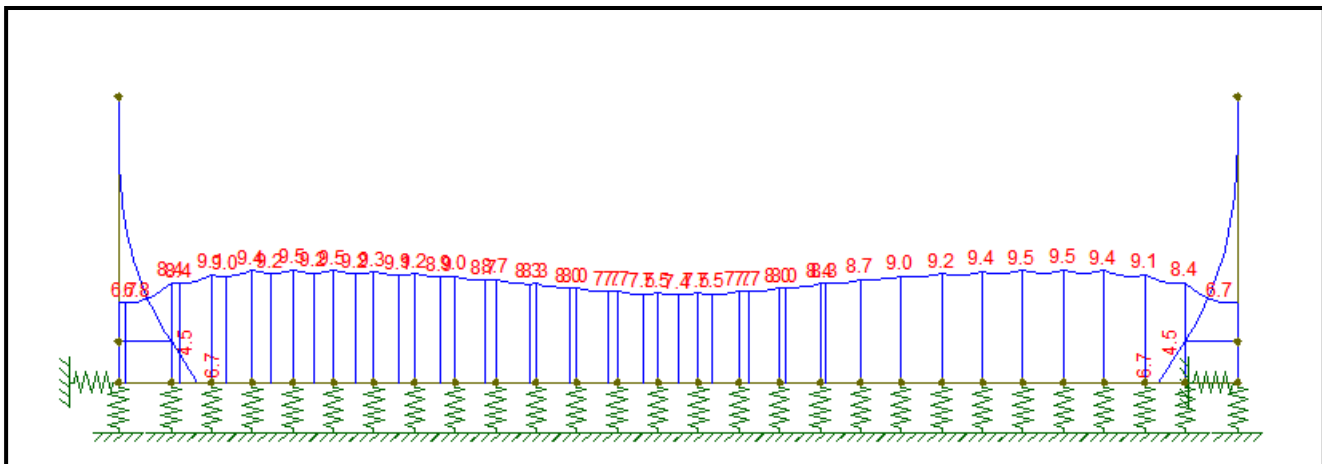
0

15.4 DIMENSIONAMENTO SEÇÃO INICIAL CHEIO

- Esforços



- Momento Fletor



f_{ck} (MPa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? <input checked="" type="checkbox"/> s										
w_{tk} = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 15 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (kgf·m)	f_{yk} (kN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{req}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	σ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
PAR	Horizontal	n	50	6700	50	0,00	4,86	7,50	0,068	12,5	16,4	Ø 12,5 c/ 15,0
LAJE	Horizontal	N	50	9500	50	0,00	6,92	7,50	0,137	12,5	16,4	Ø 12,5 c/ 15,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

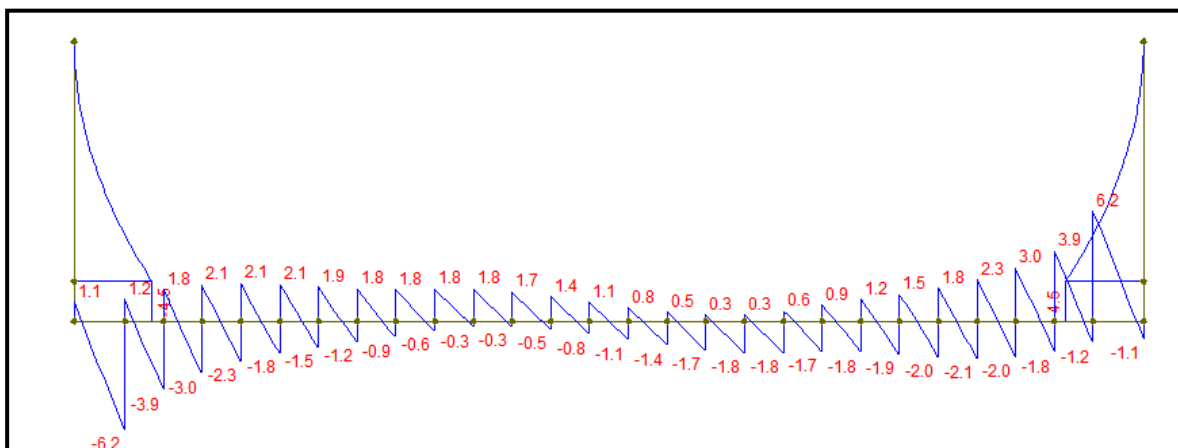
PÁGINA

**203
/20.0236**

REV.

0

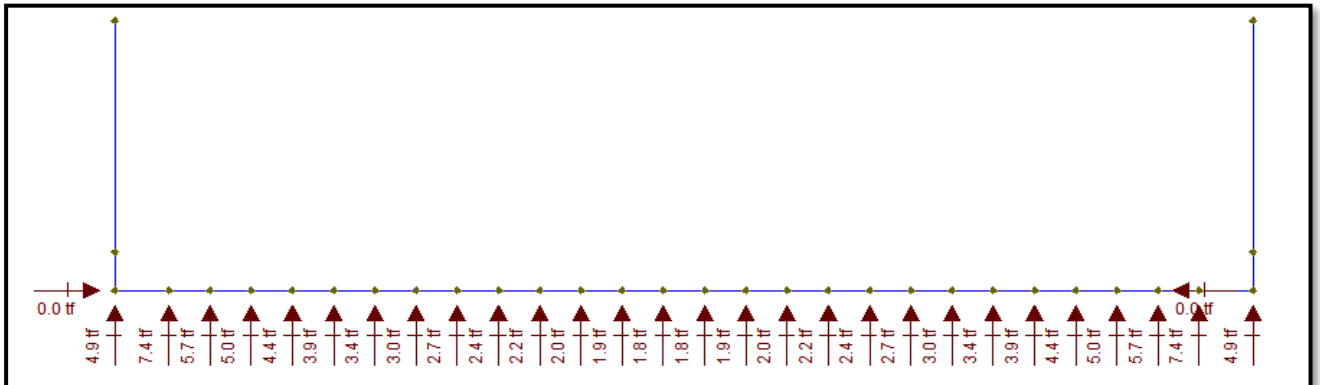
- Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento		
Descrição		
Geral:	CORTANTE	
Dados		
Força Cortante Reduzida (V)	62,0	kN
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN
Força de Protensão (Np)	0,0	kN
Ns = Nc + Np	0,0	kN
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)	0,500	m
Cobrimento (d')	0,050	m
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²
Área de concreto (Ac)	0,450	m ²
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO	
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa
Resistência de cálculo (fywd)- Item 19.4.2	435	MPa
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4	
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)		
Fases		
fctd	$(0,7 + 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45 MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15 m
ρ	As / (bw * d)	0,0000
σcp	Ns * γf / (bw * h)	0,00 MPa
VRd1	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	224,84 kN
Vd	V * γf	86,80 kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1		
Verificação da Diagonal Comprimada		
αv1	0,7 - fck / 200	0,500
VRd2	0,5 * αv1 * fctd * bw * d * 0,9	2169,64 kN
Vd < VRd2 - OK!		

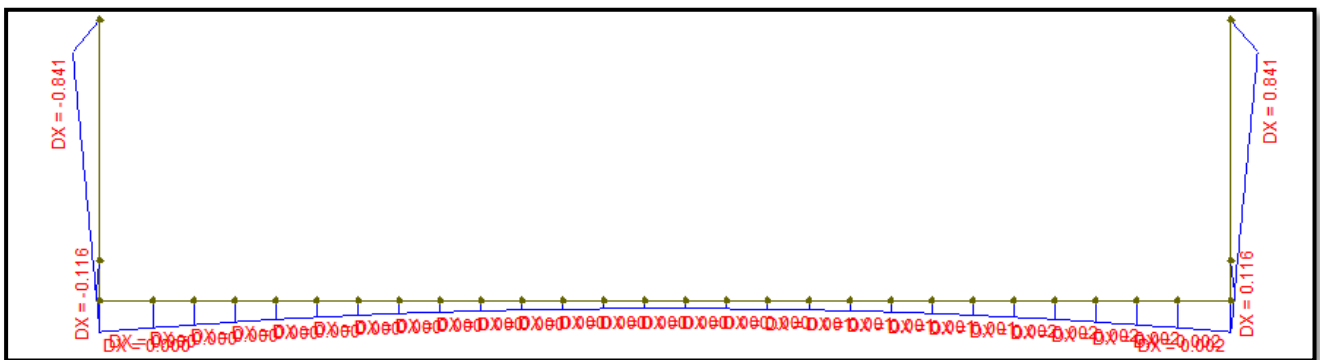
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 204 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

- Reações

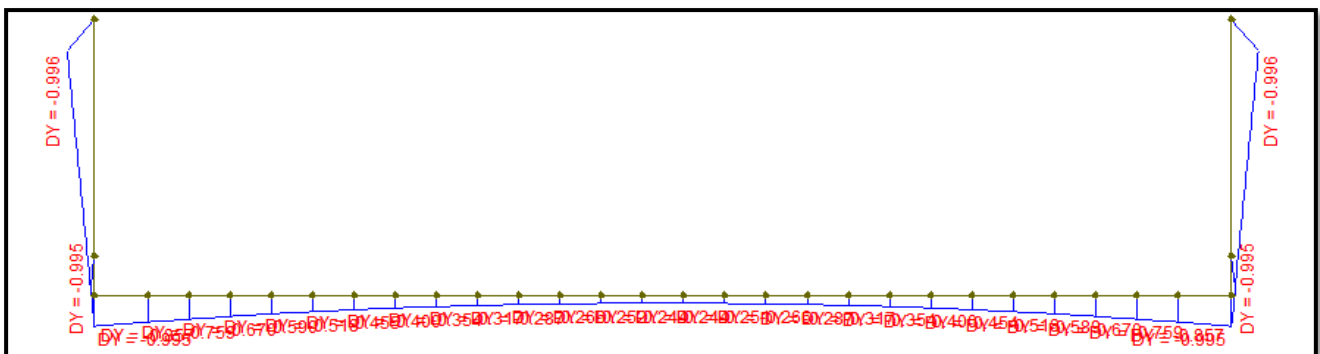


Reação máxima = 7400 kgf
 Tensão máxima = $7400 / (50 \times 100) = 1,5 \text{ Kgf/cm}^2$

- Deformações:



Deformação máxima horizontal = 0,8 cm
 Deformação horizontal limite = $350/150 = 2,3 \text{ cm}$

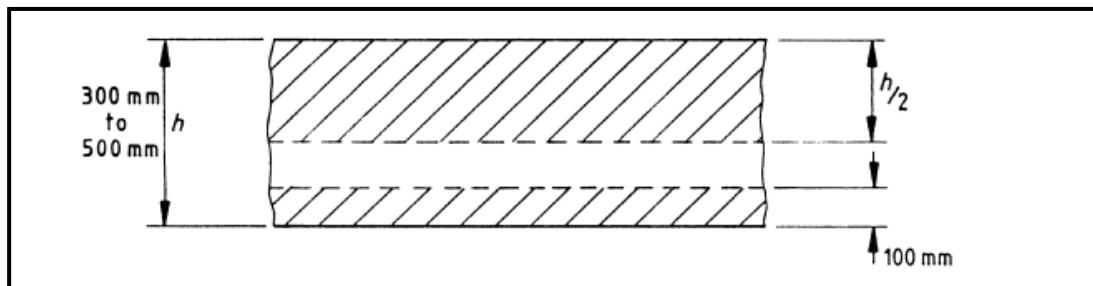


Deformação máxima vertical = 0,97 cm

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 205 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

15.5 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} \leq h \leq 50\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}=h/2$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para $h = 50\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}}= 50/2 = 25\text{cm}$ e $h_{\text{inf}}=10\text{cm}$

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$$A_s = k k_{\text{fct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,68 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (25 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3200 \text{ kgf/cm}^2 =$$

$$A_s = 12,75 \text{ cm}^2 - \varnothing 12,5 \text{ c/9}$$

$$A_s = k k_{\text{fct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,68 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (25 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 2800 \text{ kgf/cm}^2 =$$

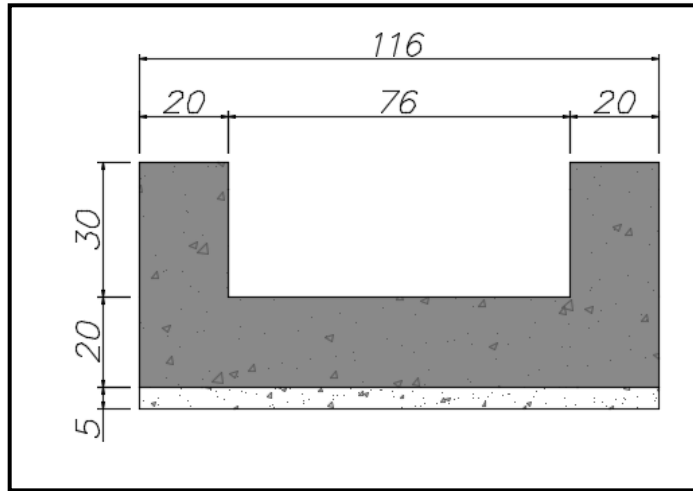
$$A_s = 14,57 \text{ cm}^2 - \varnothing 16 \text{ c/13}$$

15.6 RESUMO

- Parede, fundo e topo com espessura de 50 cm
- Armadura transversal externa e interna das paredes e lajes = $\varnothing 16 \text{ c/13}$
- Armadura longitudinal das paredes e lajes = $\varnothing 12,5 \text{ c/9}$

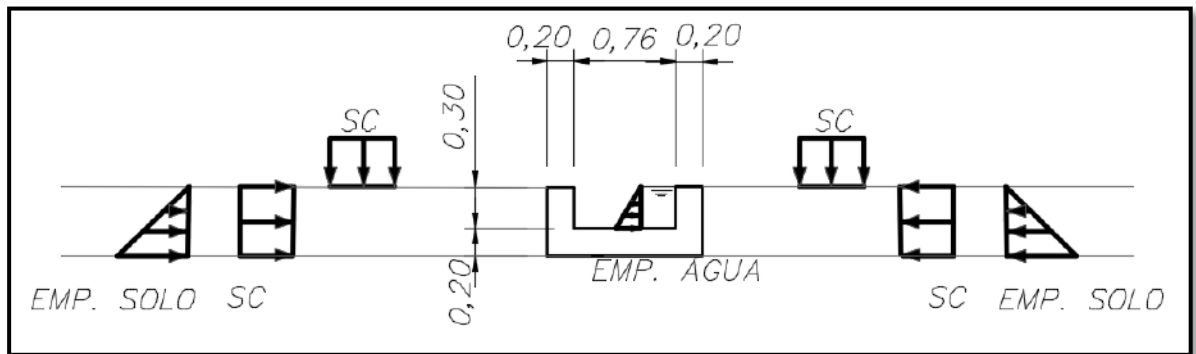
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 206 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

16.0 DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO SITUADO NA OMBREIRA DIREITA



16.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água



Empuxo do Solo = $\gamma \times h \times K_a = 1,7 \times 0,40 \times 0,750 = 0,51 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga = $sc \times K_a = 1,0 \times 0,750 = 0,750 \text{ tf/m}^2$

Empuxo da Água = $\gamma \times h = 1,0 \times 0,30 = 0,30 \text{ tf/m}^2$

Peso próprio das paredes = $2,5 \times 0,20 \times 0,40 = 0,20 \text{ tf/m}$

Peso próprio da laje de fundo = $2,5 \times 0,20 = 0,50 \text{ tf/m}^2$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 207 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k _r (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15 \text{ MPa/m}$.
 Para a distância entre nós de 19,2 cm temos:

$$\frac{1500 \text{ tf}}{\text{m}^3} \times 0,192 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 288 \text{ tf/m}$$

16.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

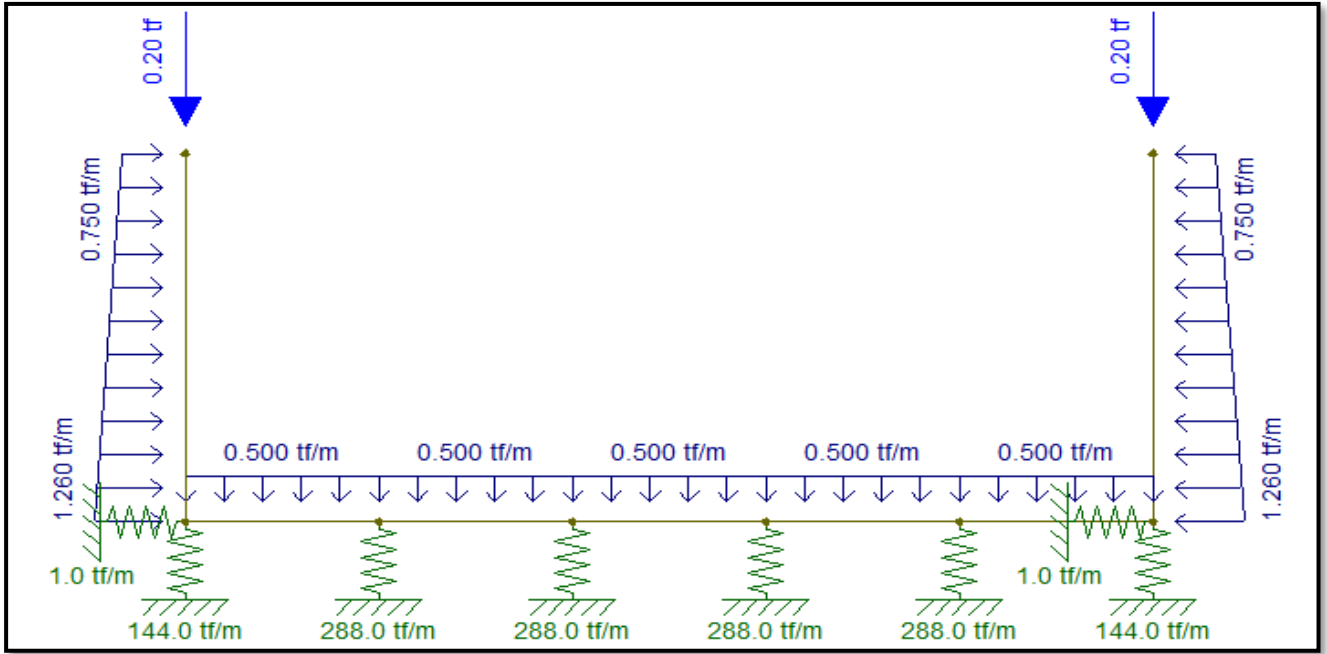
208
/20.0236

Nº DF+

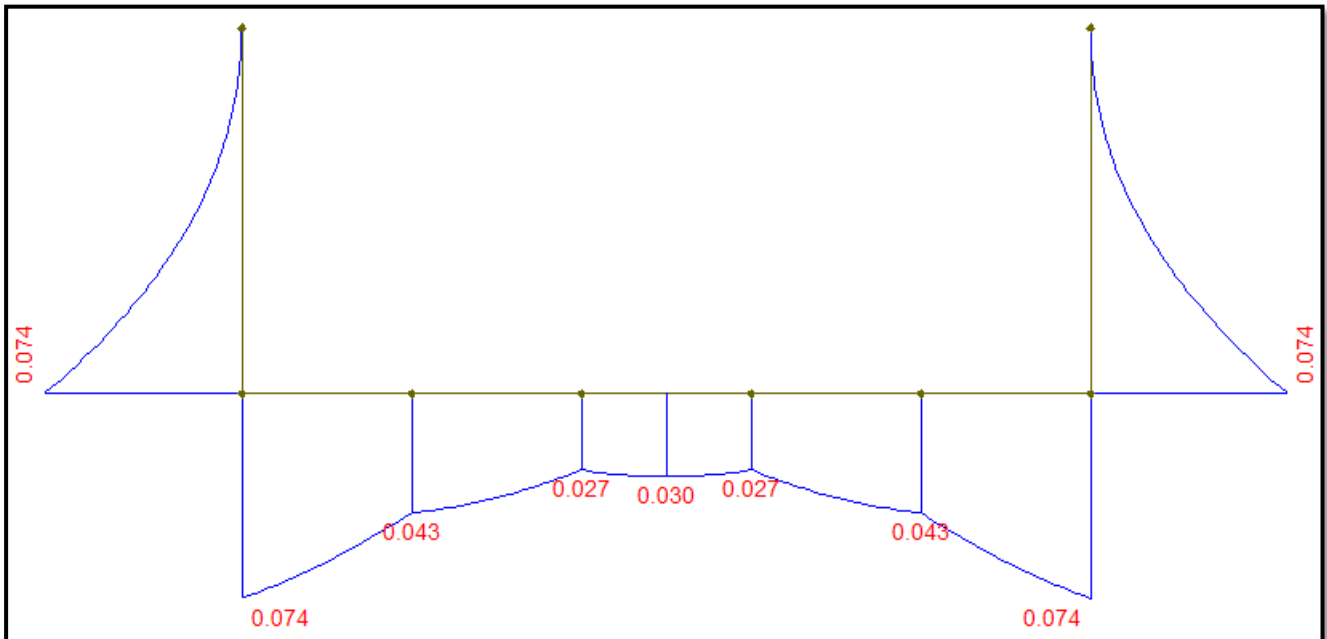
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



- Diagrama de Momento Fletor



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

**209
/20.0236**

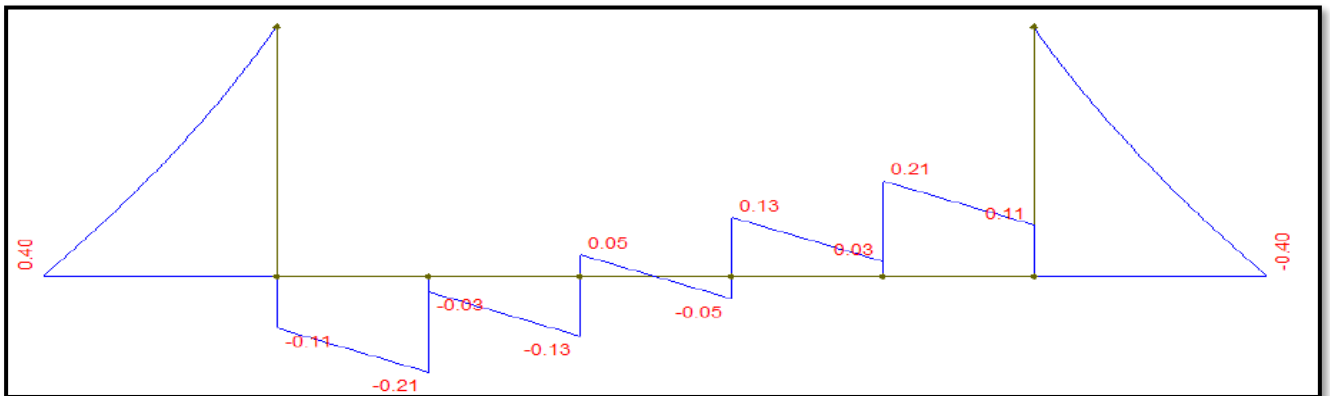
REV.

0

f_{ck} (Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar AS_{min} de Norma? s
 w_k = 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm
 Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf·m)	f_{yk} (KN/cm ²)	As' (cm ²)	As (cm ²)	As_{fiss} (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.	
L1	Horizontal	N	20	15	74	50	0,00	0,16	3,16	0,000	8	15,9	ϕ 8,0 c/ 15,0

- Diagrama de Esforço Cortante



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**210
/20.0236**

Nº DF+

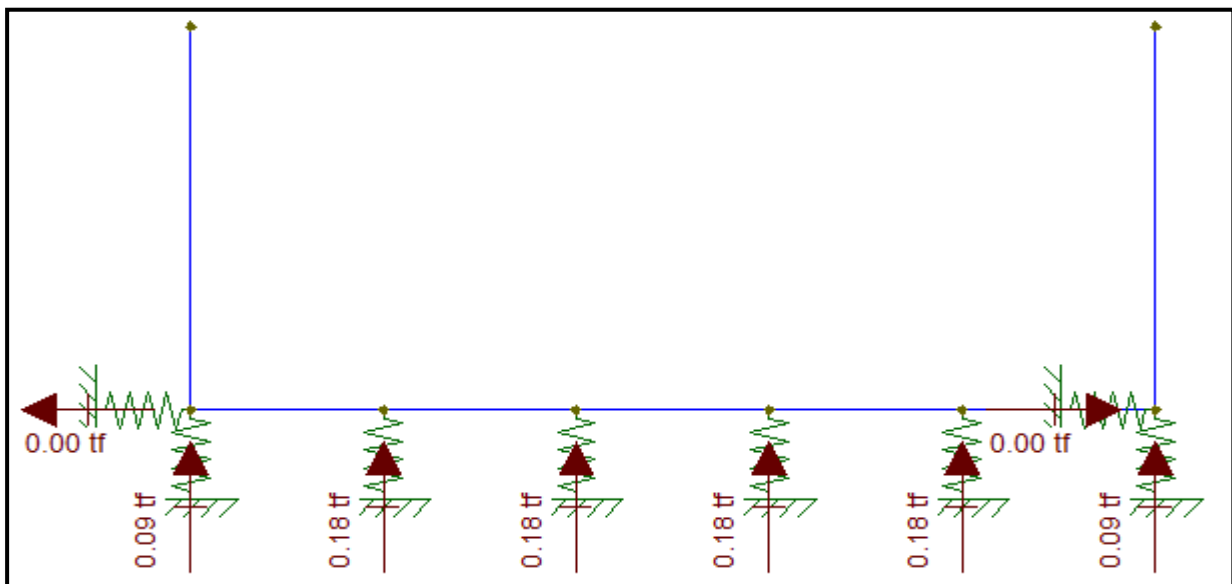
DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento		
Descrição Geral:	MEDIDOR	
	CORTANTE	
Dados		
Força Cortante Reduzida (V)	4,0	kN
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN
Força de Protensão (Np)	0,0	kN
Ns = Nc + Np	0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)	0,200	m
Cobrimento (d')	0,050	m
Área de armadura longitudinal (A _s)	0,00	cm ²
Área de concreto (A _c)	0,150	m ²
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO	
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa
Resistência de cálculo (f _{ywd}) - Item 19.4.2	296	MPa
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4	
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)		
<i>Fases</i>		
f _{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45 MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45 m
ρ	A _s / (b _w * d)	0,0000
σ _{cp}	N _s * γ _f / (b _w * h)	0,00 MPa
V _{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	94,50 kN
V _d	V * γ _f	5,60 kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1		
Verificação da Diagonal Comprimida		
α _{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500
V _{Rd2}	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	723,21 kN
Vd < VRd2 - OK!		

- Reações:

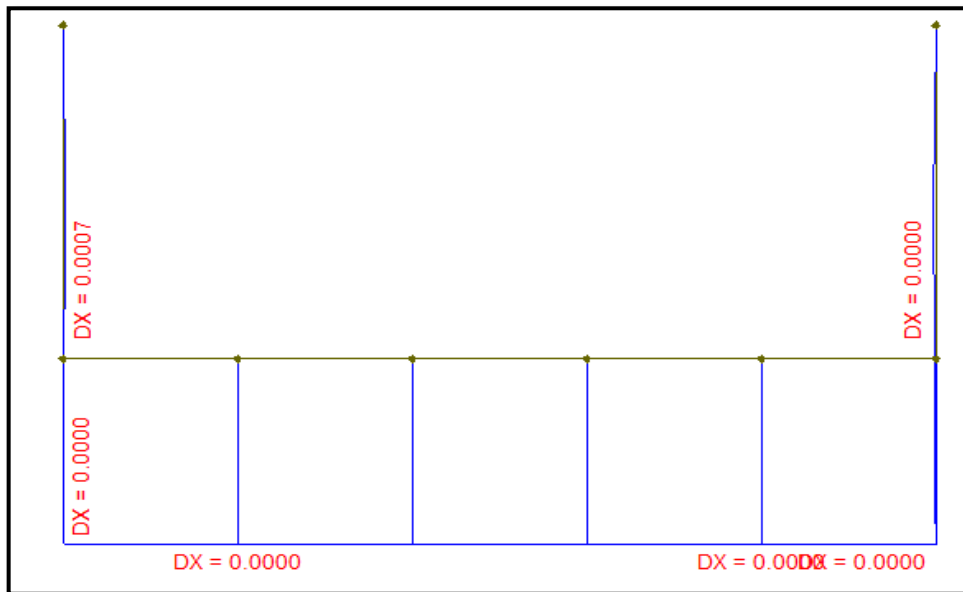


Reação máxima = 180kgf

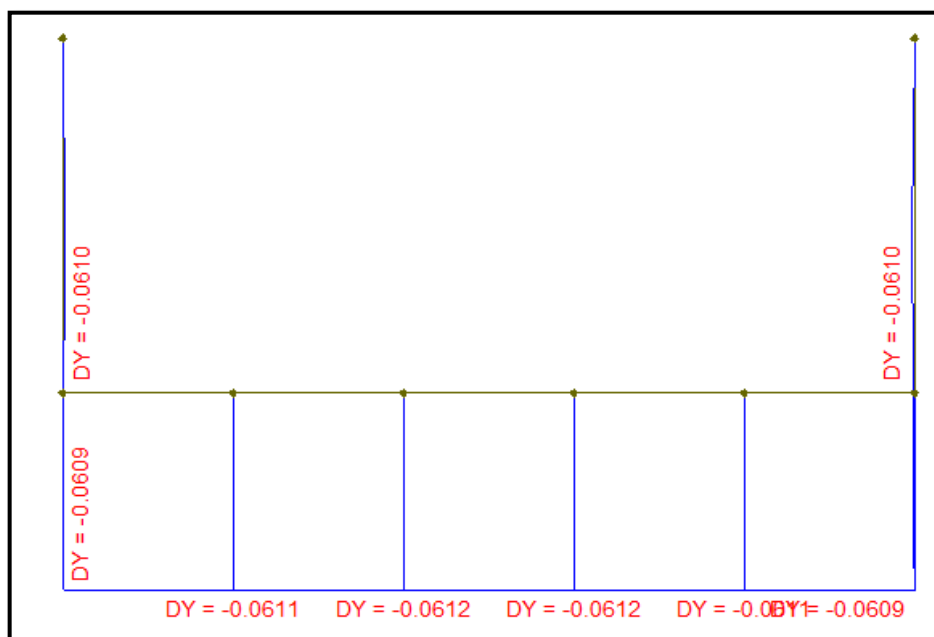
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 211 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Tensão máxima = $180 / (19,2 \times 100) = 0,1 \text{ kgf/cm}^2$

- Deformações:



Deformação máxima horizontal = 0,001 cm
Deformação horizontal limite = $40/150 = 0,27 \text{ cm}$

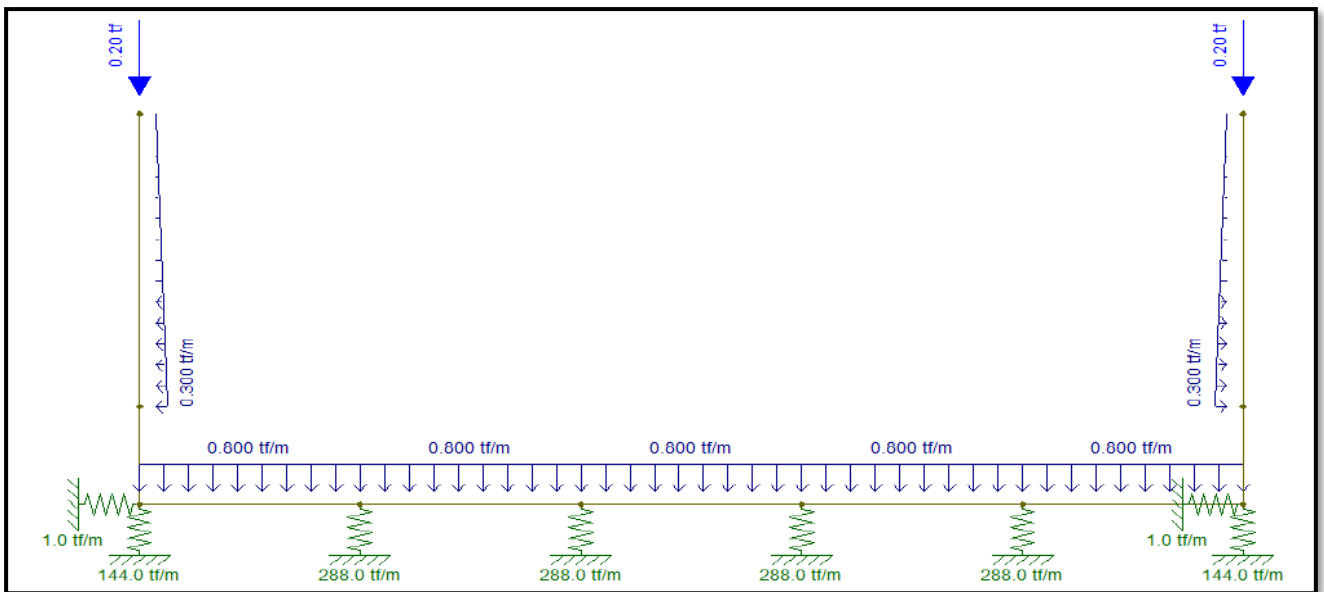


Deformação máxima vertical = 0,07 cm

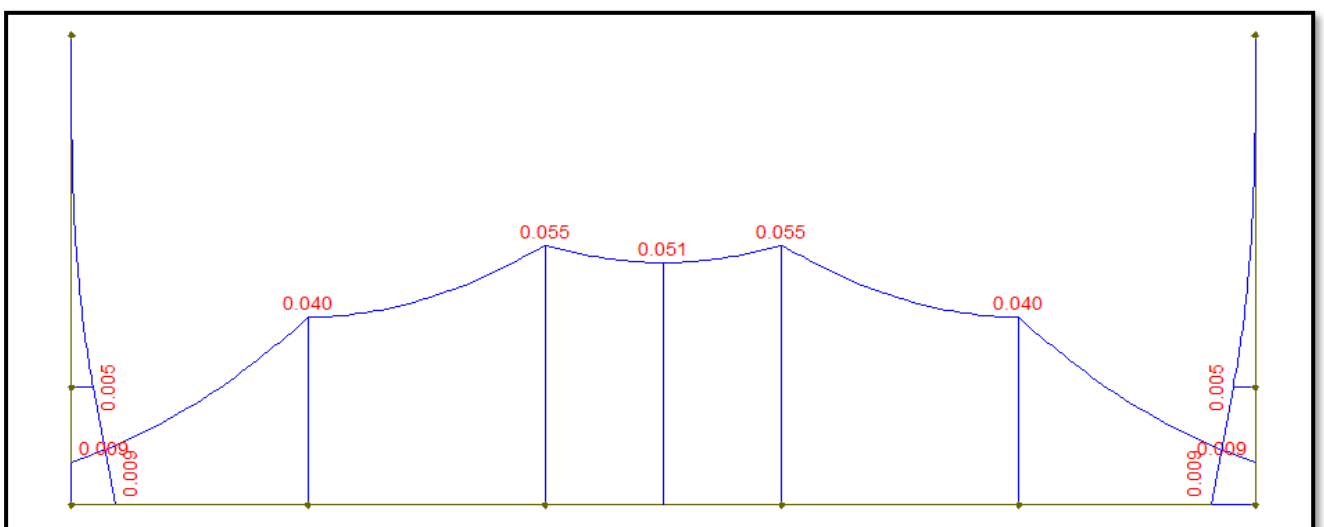
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 212 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

16.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**213
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

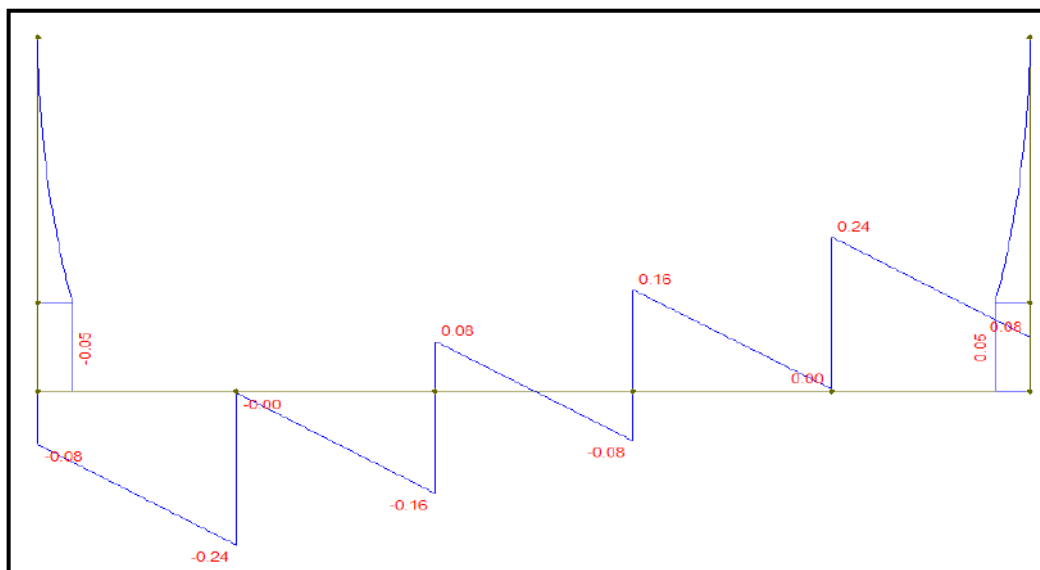
REV.

0

f_{ck} (Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s
 w_k = 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm
 Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

LAJE	Balço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	55	50	0,00	0,12	3,16	0,000	8	15,9	ø 8,0 c/ 15,0

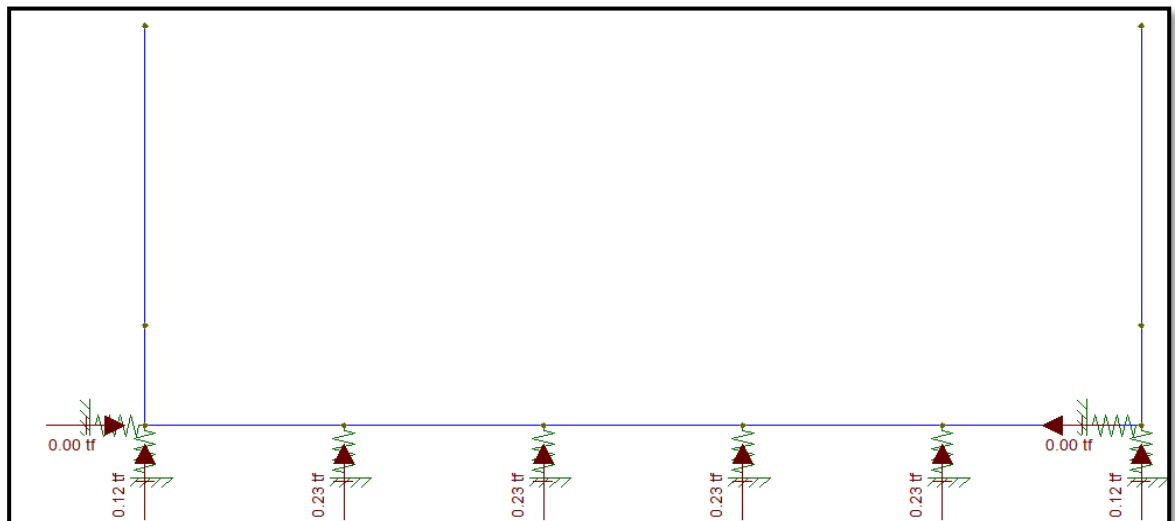
- Diagrama de Esforço Cortante



		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 214 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento		
Descrição Geral:	MEDIDOR	
	CORTANTE	
Dados		
Força Cortante Reduzida (V)	2,4	kN
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN
Força de Protensão (Np)	0,0	kN
Ns = Nc + Np	0,0	kN
Base da Seção de Concreto (bw ou b2)	1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)	0,200	m
Cobrimento (d')	0,050	m
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²
Área de concreto (Ac)	0,150	m ²
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO	
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa
Resistência de cálculo (fywd) - Item 19.4.2	296	MPa
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4	
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)		
<i>Fases</i>		
fctd	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45 MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45 m
ρ	As / (bw * d)	0,0000
σcp	Ns * γf / (bw * h)	0,00 MPa
VRd1	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	94,50 kN
Vd	V * γf	3,36 kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1		
Verificação da Diagonal Comprimida		
αv1	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500
VRd2	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{ctd} * b_w * d * 0,9$	723,21 kN
Vd < VRd2 - OK!		

Reações:

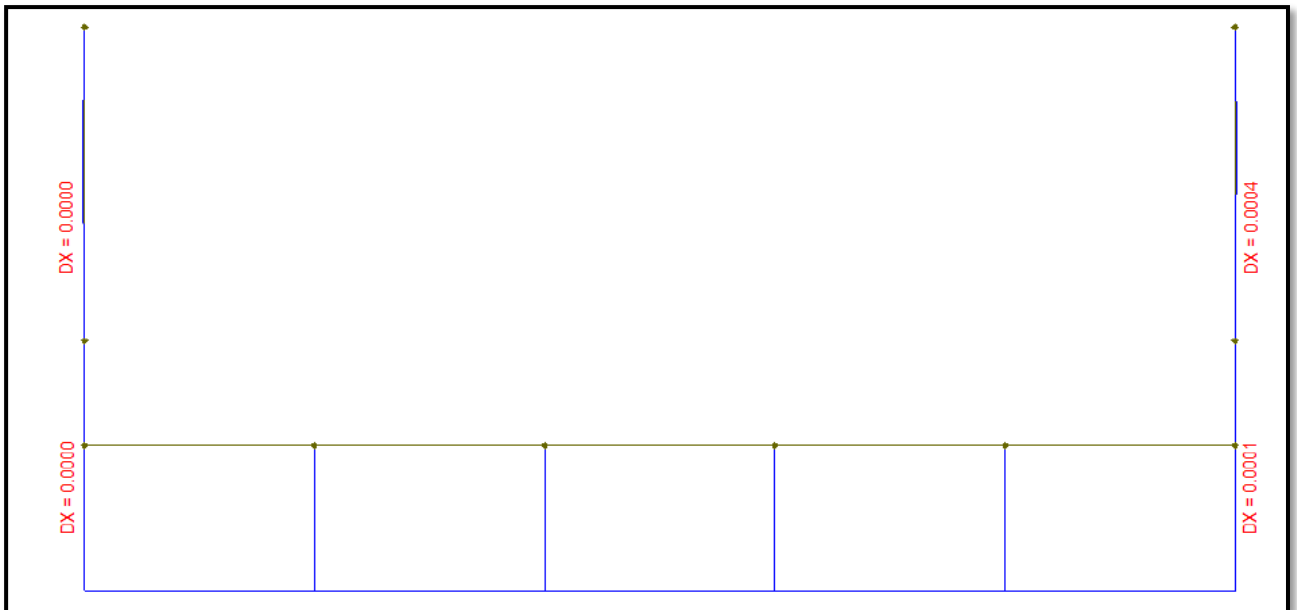


Reação máxima = 230 kgf

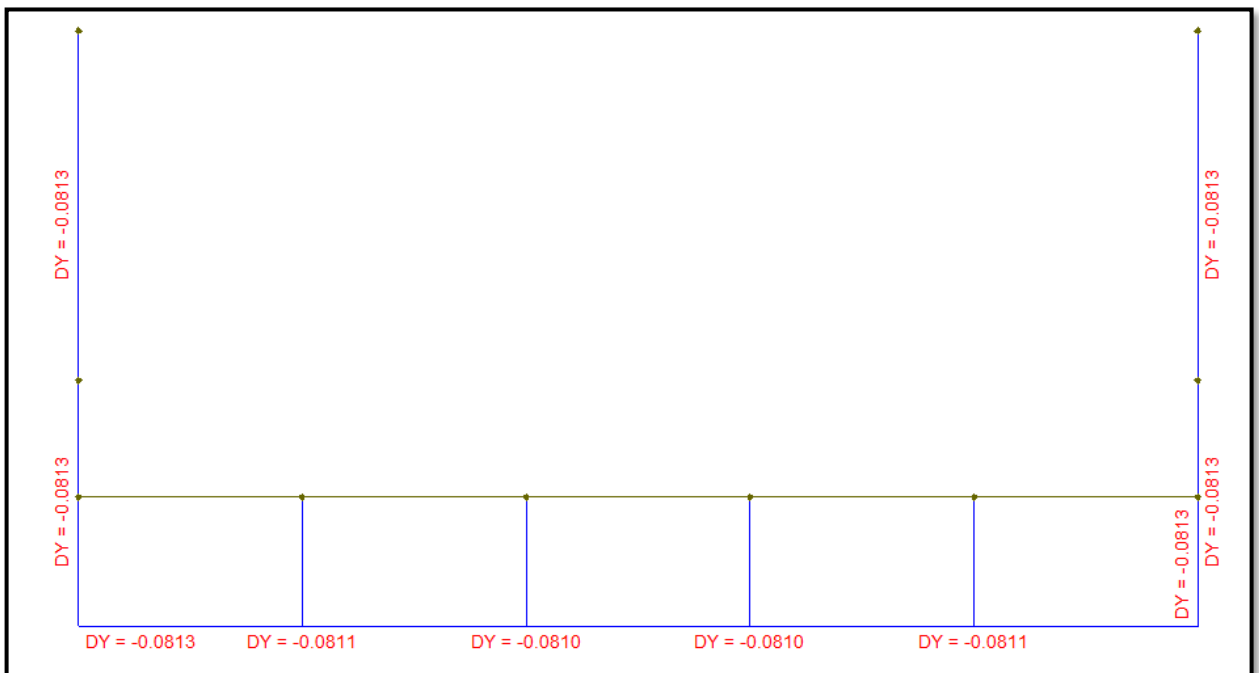
		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 215 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Tensão máxima = $230 / (19,2 \times 100) = 0,12 \text{ kgf/cm}^2$

- Deformações:



Deformação máxima horizontal = 0,001 cm
 Deformação horizontal limite = $60/150 = 0,40 \text{ cm}$

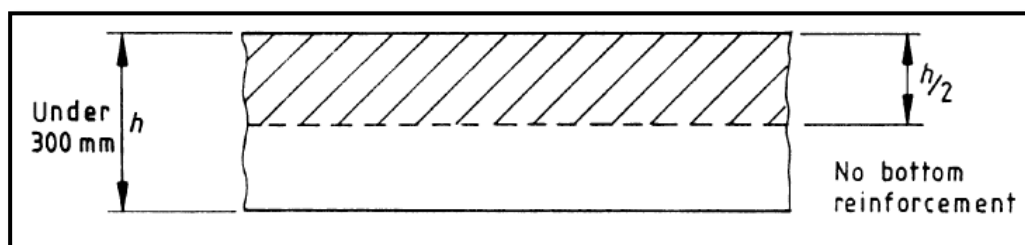


		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 216 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Deformação máxima vertical = 0,09 cm

16.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} < h \rightarrow h_{\text{sup}} = h/2$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para $h = 20\text{cm} \rightarrow h_{\text{sup}} = 20/2 = 10\text{cm}$

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$$A_s = k k_{\text{fct,ef}} A_{\text{ct}} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (10 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 4000 \text{ kgf/cm}^2 =$$

$$A_s = 4,8 \text{ cm}^2 - \varnothing 8 \text{ c}/10$$

16.5 RESUMO

- Parede e fundo com espessura de 20 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: $\varnothing 8 \text{ c}/10$
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: $\varnothing 8 \text{ c}/10$

17.0 DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO PRINCIPAL

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

217
/20.0236

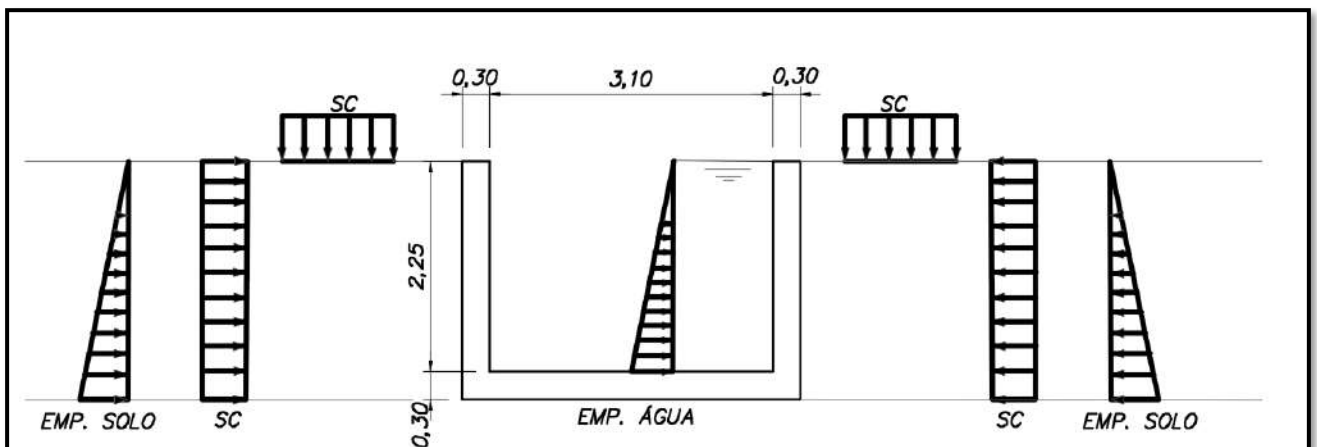
REV.

0



17.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água



Empuxo do Solo = $\gamma \times h \times K_a = 1,7 \times 2,40 \times 0,780 = 3,18 \text{ tf/m}^2$

Sobrecarga = $sc \times K_a = 1,0 \times 0,780 = 0,780 \text{ tf/m}^2$

Empuxo da Água = $\gamma \times h = 1,0 \times 2,25 = 2,25 \text{ tf/m}^2$

Peso próprio das paredes = $2,5 \times 0,30 \times 2,40 = 1,80 \text{ tf/m}$

Peso próprio da laje de fundo = $2,5 \times 0,30 = 0,75 \text{ tf/m}^2$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 218 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r (MPa/m)
Siltos e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltos e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltos e argilas de baixa compressibilidade, siltos e argilas arenosos, siltos e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15 \text{ MPa/m}$.
 Para a distância entre nós de 17 cm temos:

$$\frac{1500 \text{ tf}}{\text{m}^3} \times 0,170 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 255 \text{ tf/m}$$

17.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

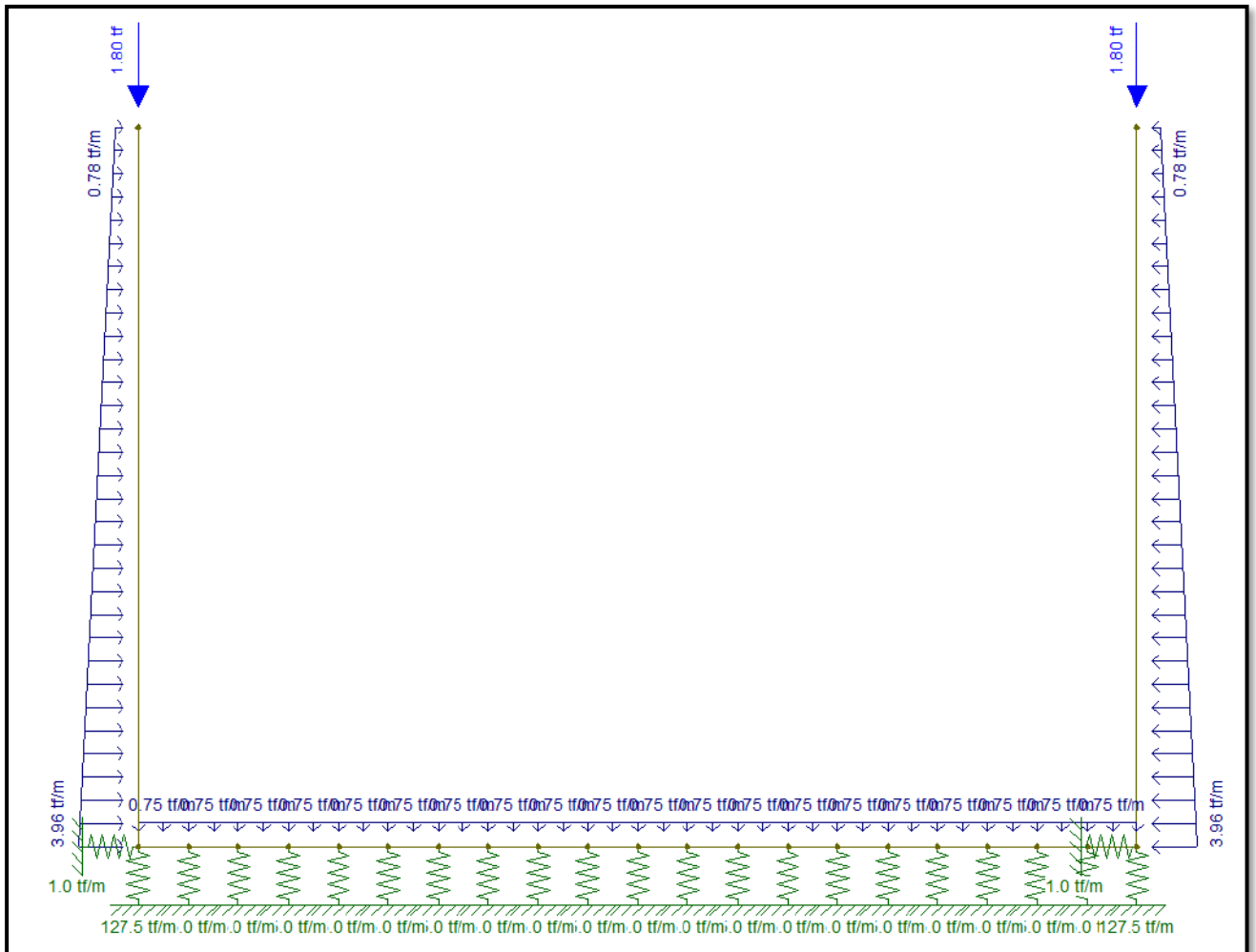
**219
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**220
/20.0236**

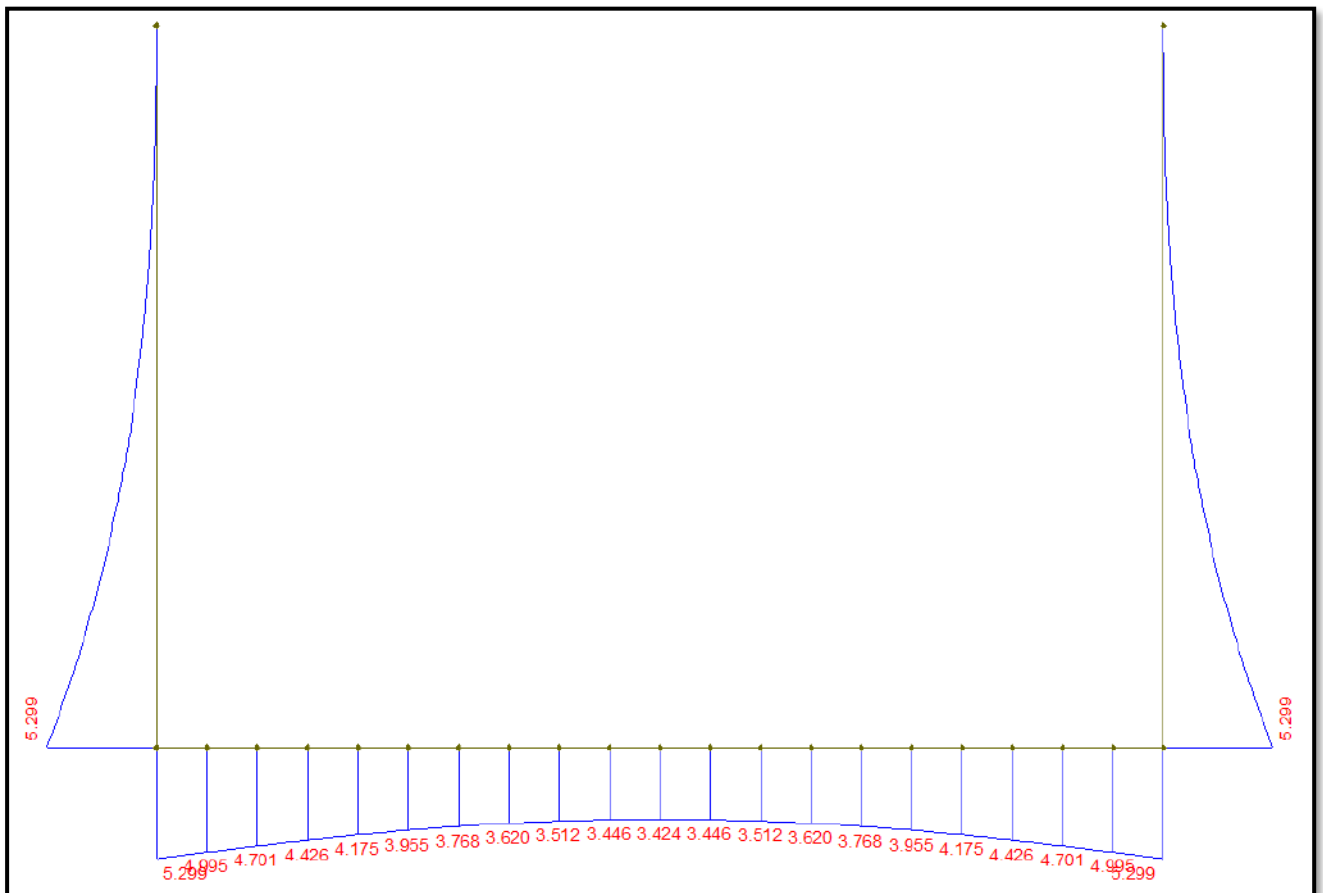
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor



f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	30	5299	50	0,00	7,06	7,06	0,169	10	11,1	ϕ 10,0 c/ 10,0

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**221
/20.0236**

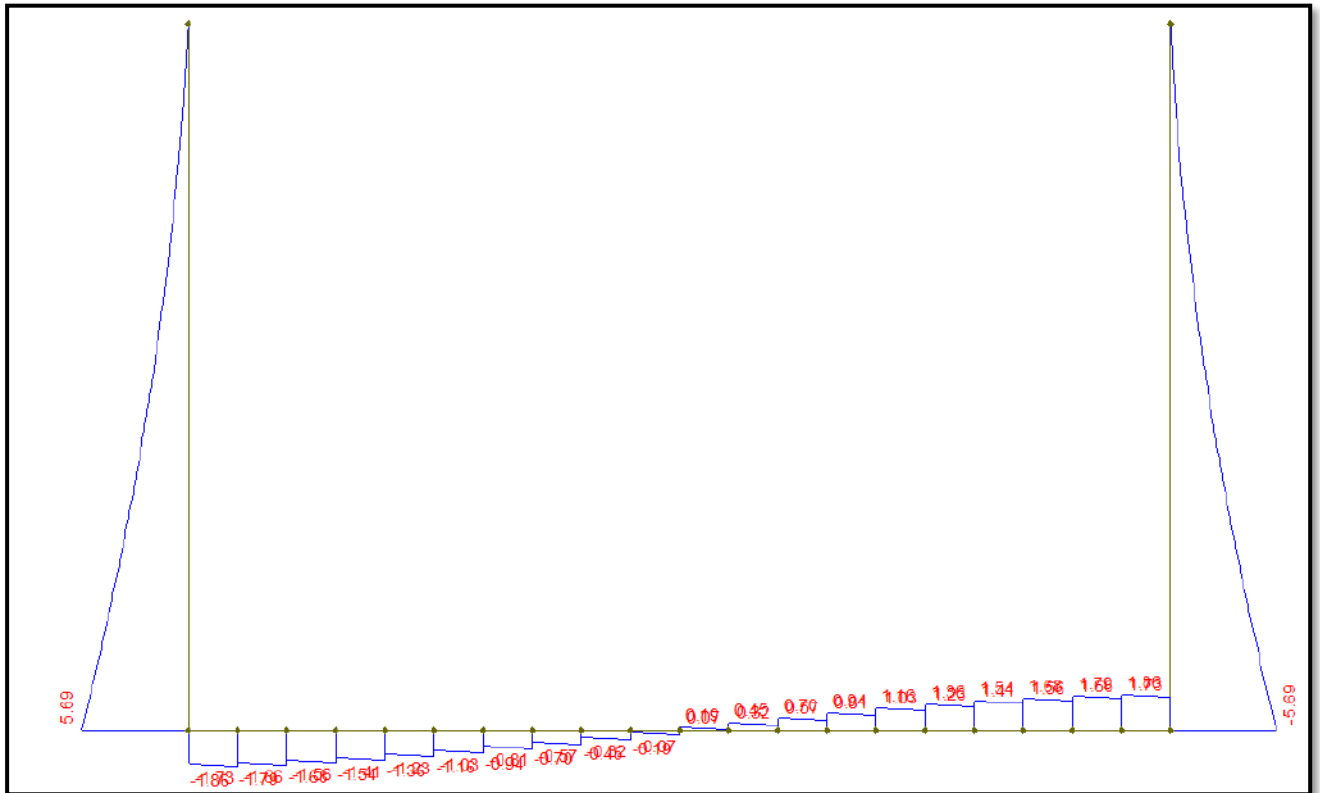
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

PÁGINA

222
/20.0236

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	MEDIDOR		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	56,9	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (b _w ou b _f)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,300	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (A _s)	0,00	cm ²	
Área de concreto (A _c)	0,250	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (f _{ck})	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (f _{ywd})- Item 19.4.2	389	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γ _c)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γ _f)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
<i>Fases</i>			
f _{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	A _s / (b _w * d)	0,0000	
σ _{cp}	N _s * γ _f / (b _w * h)	0,00	MPa
V _{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	146,63	kN
V _d	V * γ _f	79,66	kN
Não é necessário armar: V_d < V_{Rd1}			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α _{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V _{Rd2}	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1205,36	kN
V_d < V_{Rd2} - OK!			

- Reações:

PROJETO DETALHADO
 BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
 NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
 ESTRUTURAL
 MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

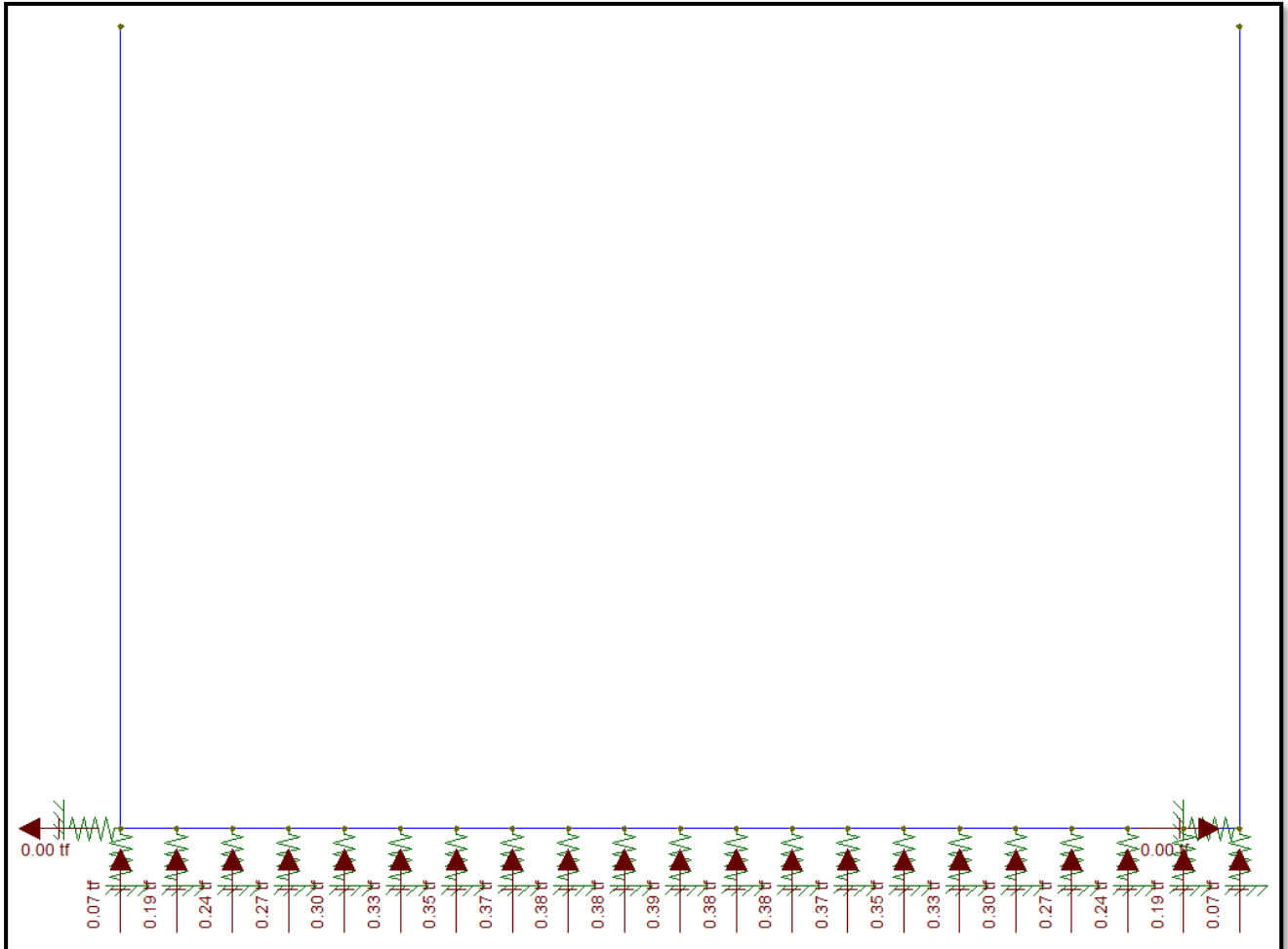
223
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



Reação máxima = 390 kgf

Tensão máxima = $390 / (17 \times 100) = 0,23 \text{ kgf/cm}^2$

- Deformações:

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

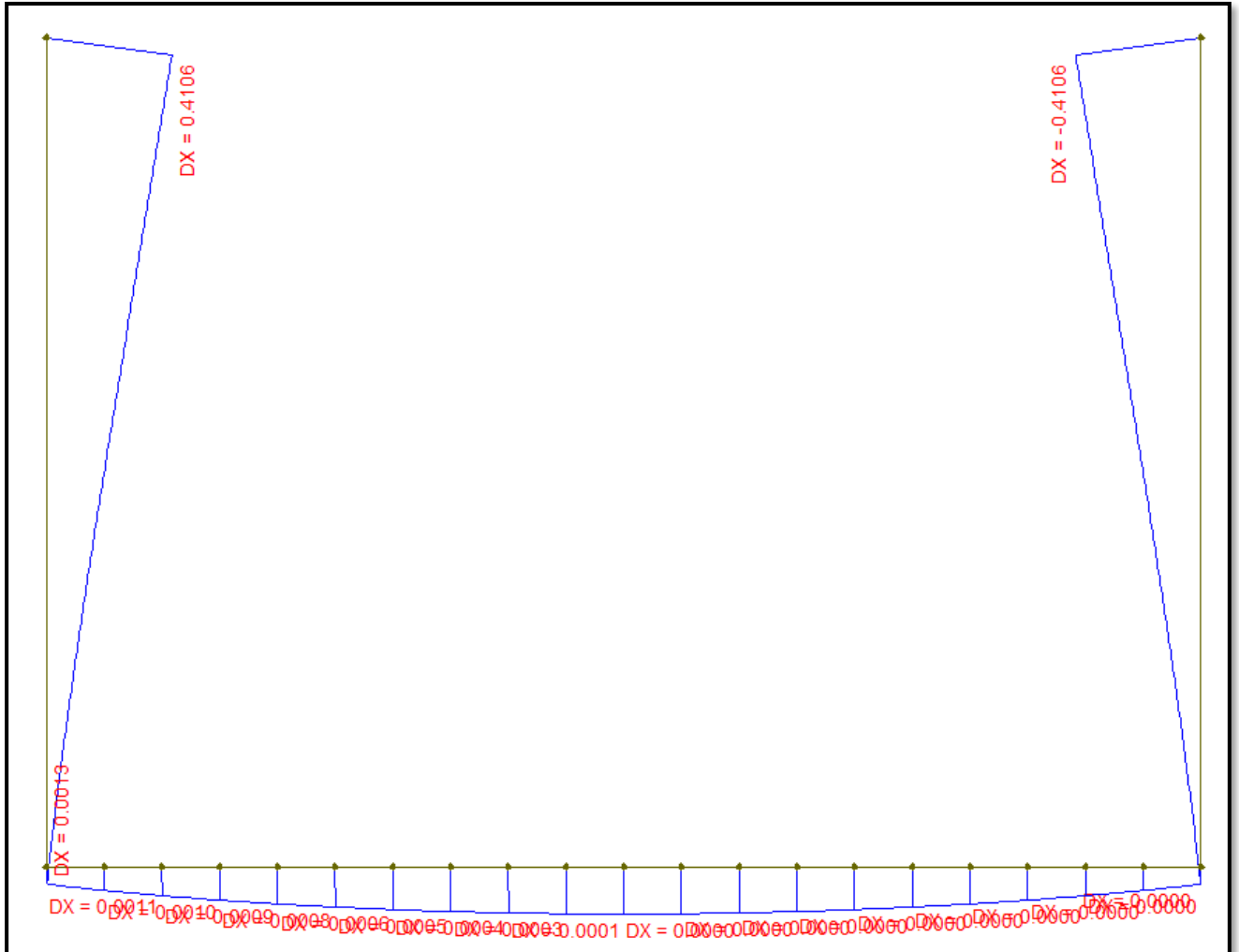
**224
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



Deformação máxima horizontal = 0,41 cm

Deformação horizontal limite = $240/150 = 1,60$ cm

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

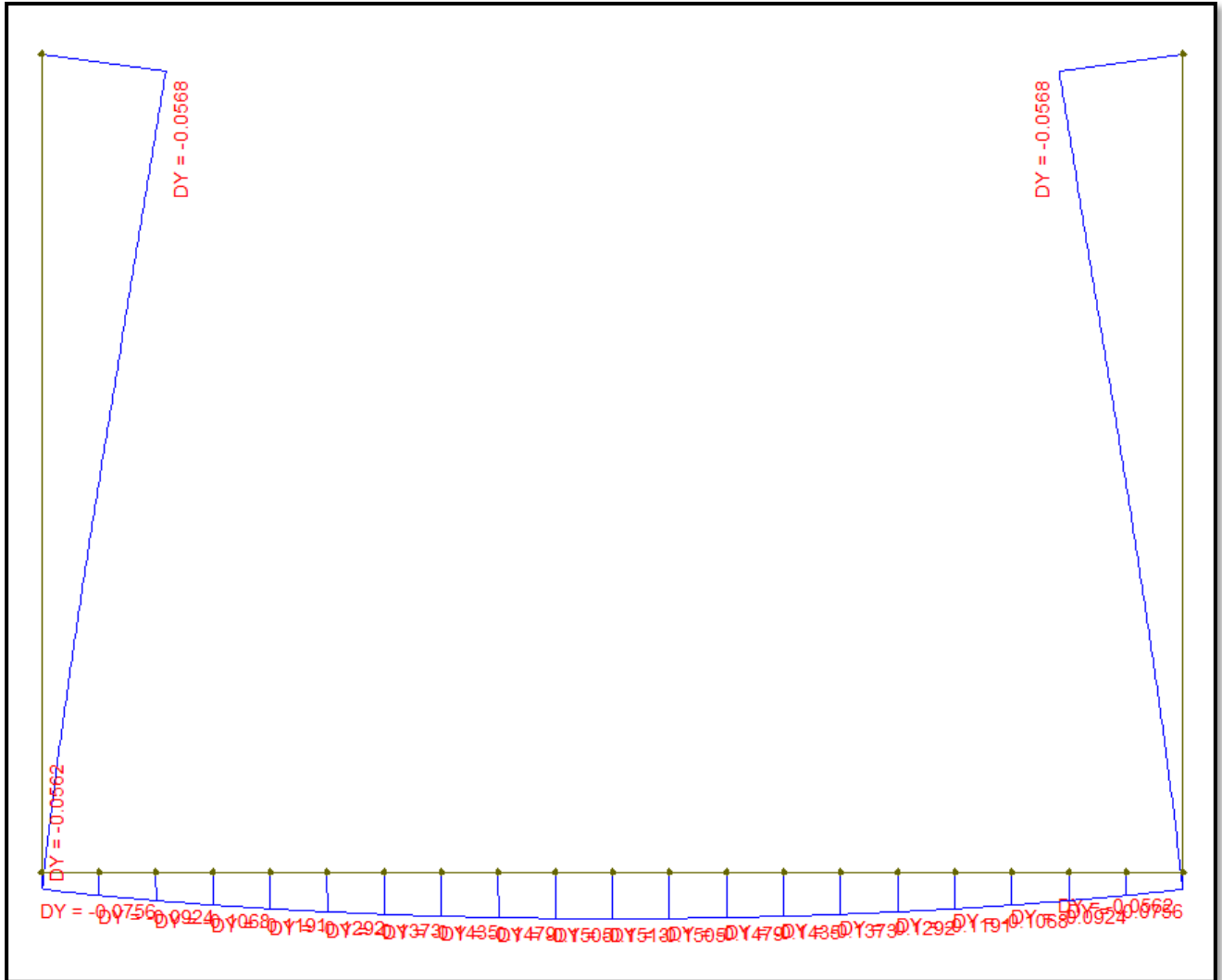
**225
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



Deformação máxima vertical = 0,152 cm

17.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

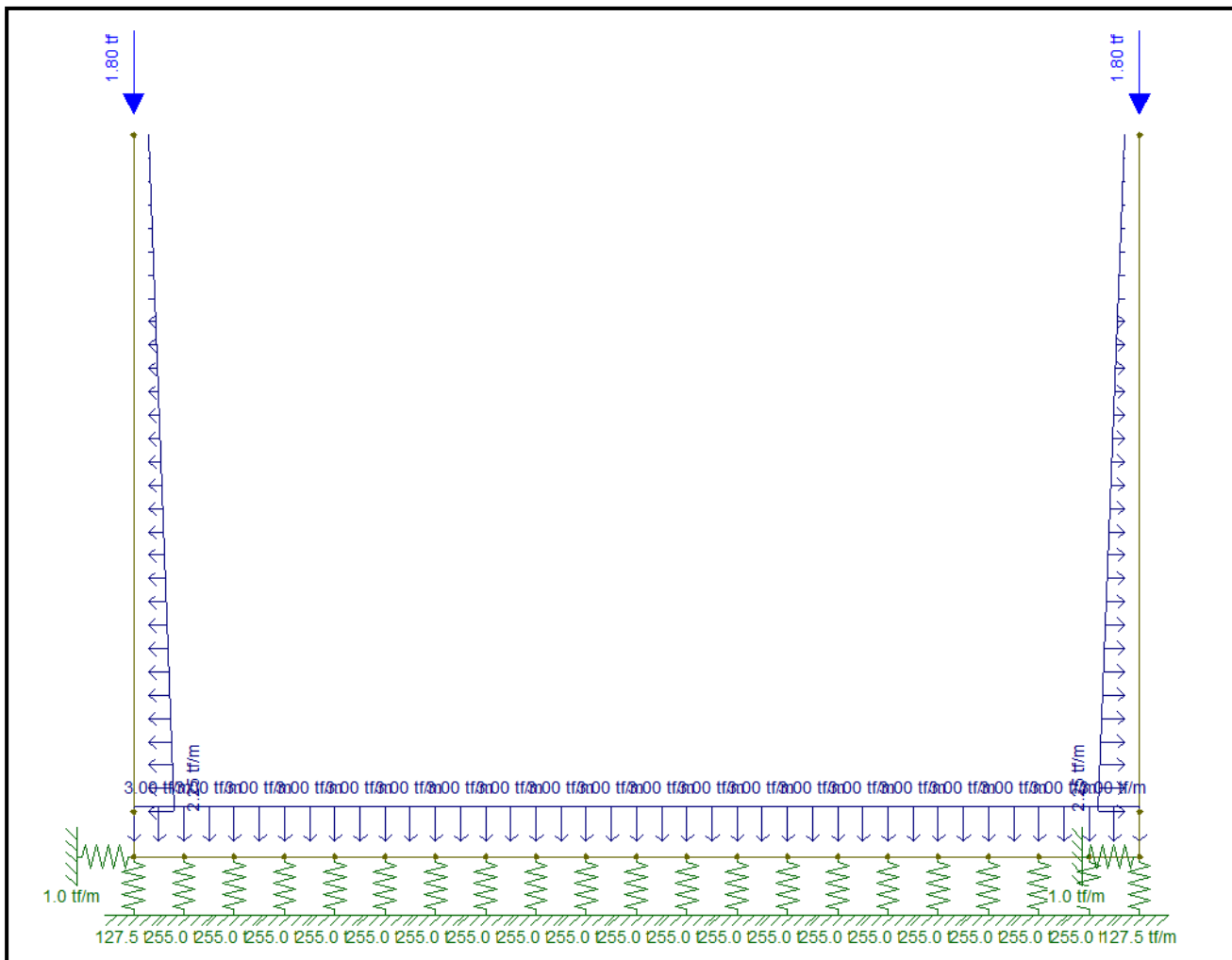
**226
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

227
/20.0236

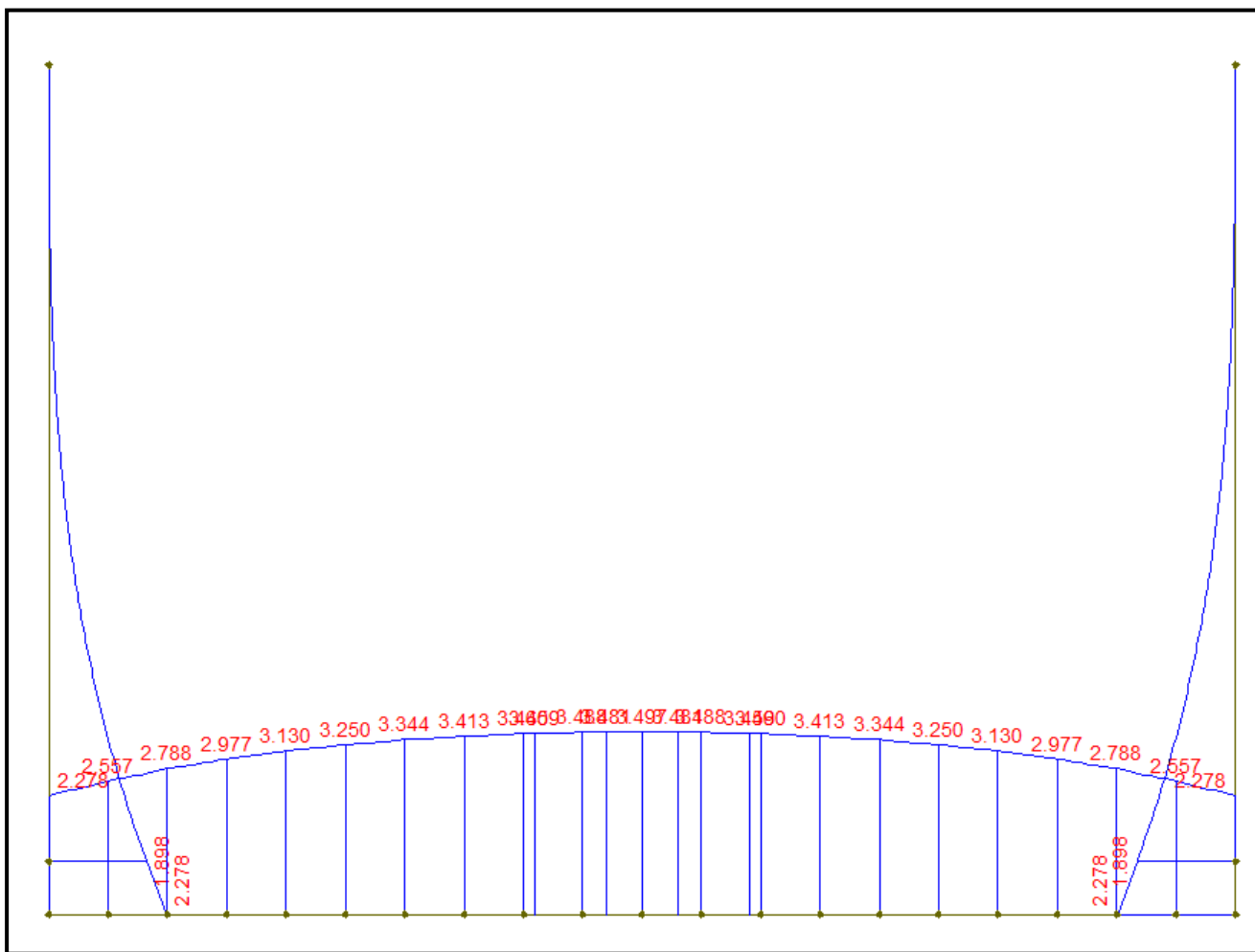
Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

- Diagrama de Momento Fletor

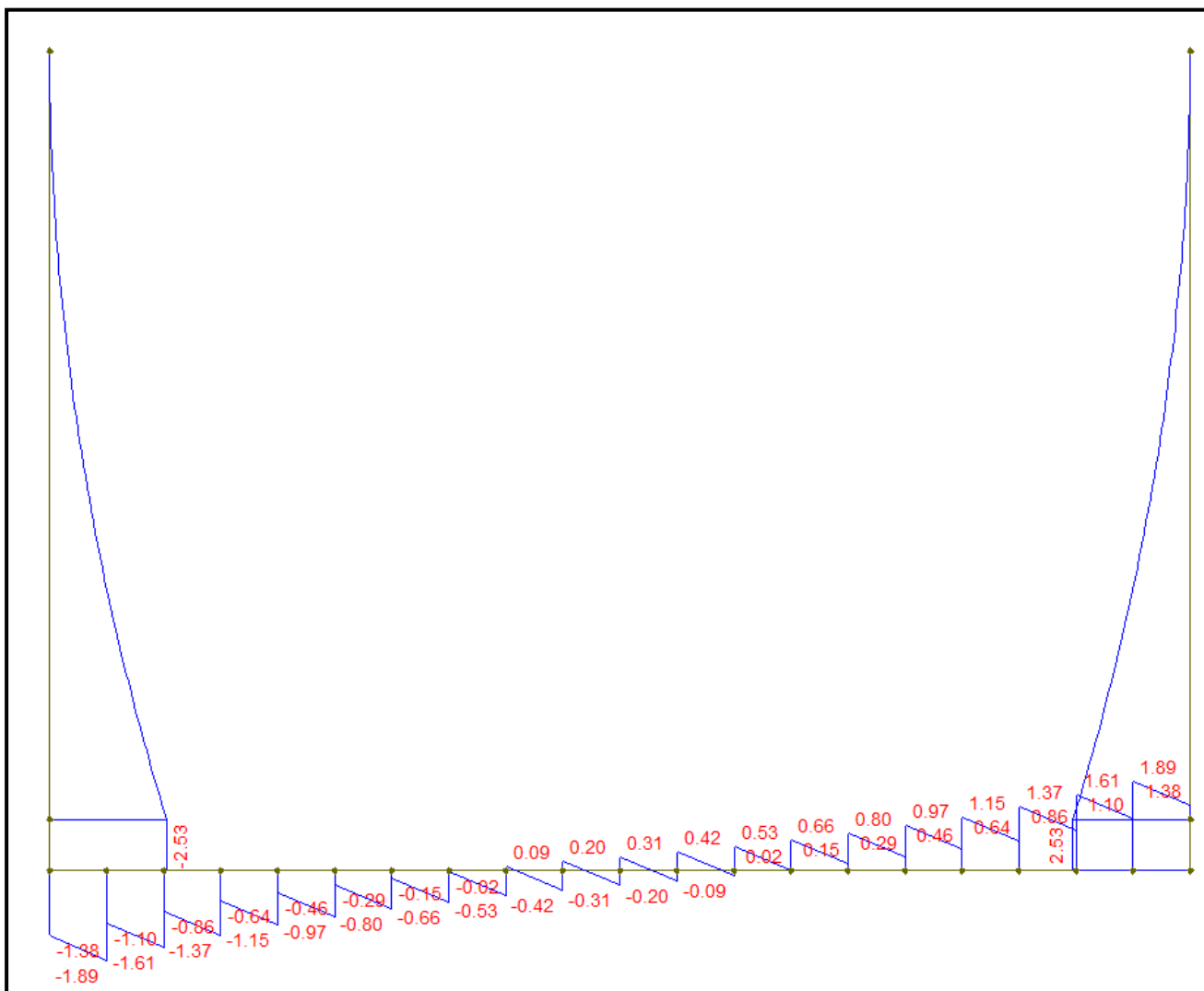


f_{ck} (Mpa)= 30	d' (cm)= 5	Usar $A_{s_{min}}$ de Norma? s										
w_k = 0,2 mm	Espaçamento máximo = 20 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45												
LAJE	Balanco (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk} (KN/cm ²)	A_s' (cm ²)	A_s (cm ²)	$A_{s_{fiss}}$ (cm ²)	W_{final} (mm)	ϕ (mm)	esp. (cm)	Detailham.
L1	Horizontal	N	30	3497	50	0,00	4,61	4,61	0,162	10	17,1	ϕ 10,0 c/ 15,0

PROJETO DETALHADO
 BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
 NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
 ESTRUTURAL
 MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC	PÁGINA
-	228 /20.0236
Nº DF+	REV.
DF19-263-1-CV-MEC-0003	0

- Diagrama de Esforço Cortante



PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

229
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	MEDIDOR		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)	25,3	kN	
Força de Compressão (Nc)	0,0	kN	
Força de Protensão (Np)	0,0	kN	
Ns = Nc + Np	0,0	kN	
Base da Seção de Concreto (bw ou bf)	1,000	m	
Altura da Seção de Concreto (h)	0,300	m	
Cobrimento (d')	0,050	m	
Área de armação longitudinal (As)	0,00	cm ²	
Área de concreto (Ac)	0,250	m ²	
Seção transversal totalmente tracionada?	NÃO		
Resistência nominal do concreto (fck)	30,00	MPa	
Resistência de cálculo (fywd)- Item 19.4.2	389	MPa	
Coefficiente de minoração da resistência (γc)	1,4		
Coefficiente de majoração de carga (γf)	1,4		
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
fctd	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	As / (bw * d)	0,0000	
σcp	Ns * γf / (bw * h)	0,00	MPa
VRd1	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2 + 40 * \rho) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	146,63	kN
Vd	V * γf	35,42	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
αv1	0,7 - fck / 200	0,500	
VRd2	0,5 * αv1 * fcd * bw * d * 0,9	1205,36	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

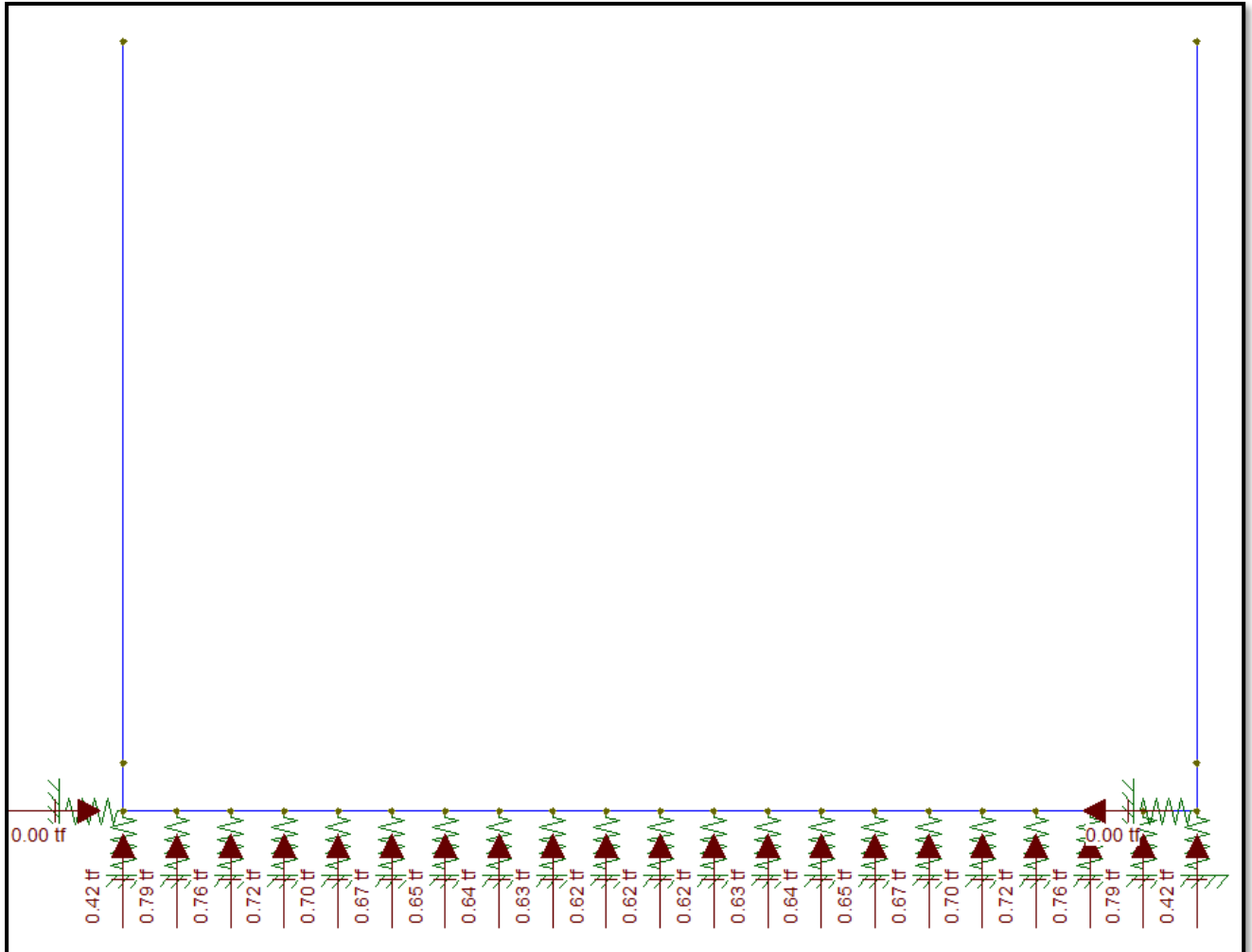
**230
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



Reação máxima = 790 kgf

Tensão máxima = $790 / (17 \times 100) = 0,47 \text{ kgf/cm}^2$

- Deformações:

**PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

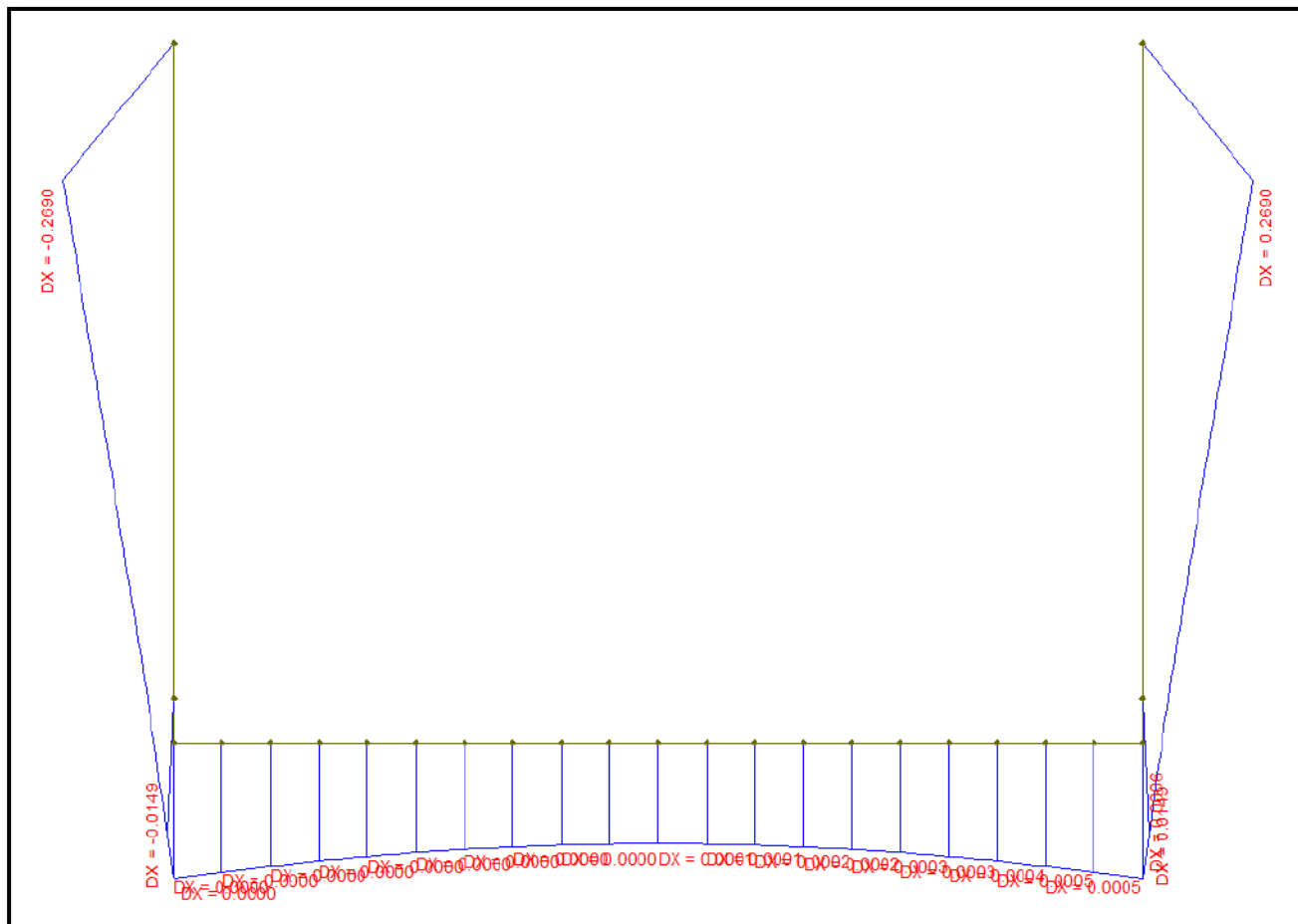
**231
/20.0236**

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0



Deformação máxima horizontal = 0,269 cm

Deformação horizontal limite = $240/150 = 1,60$ cm

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

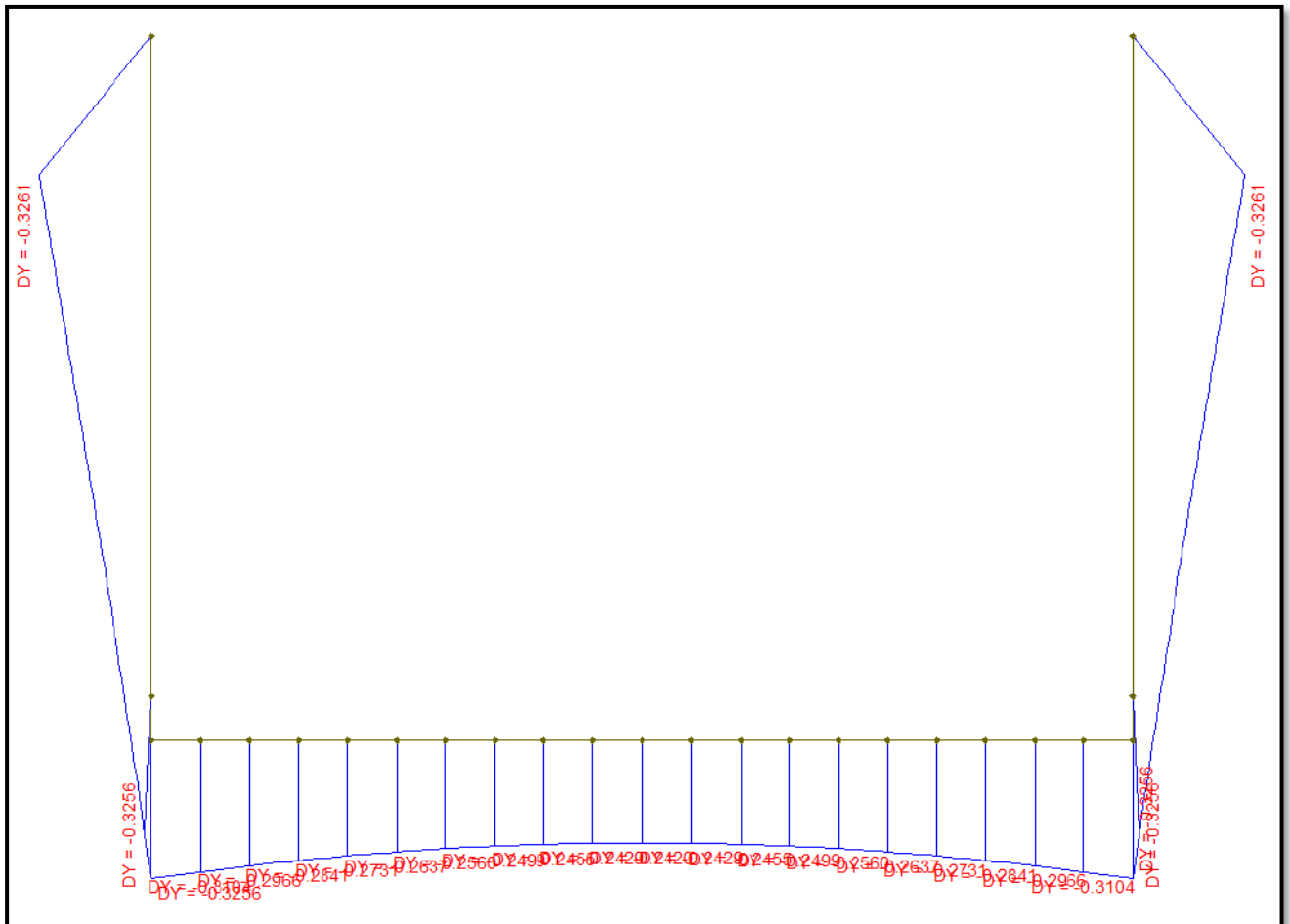
232
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

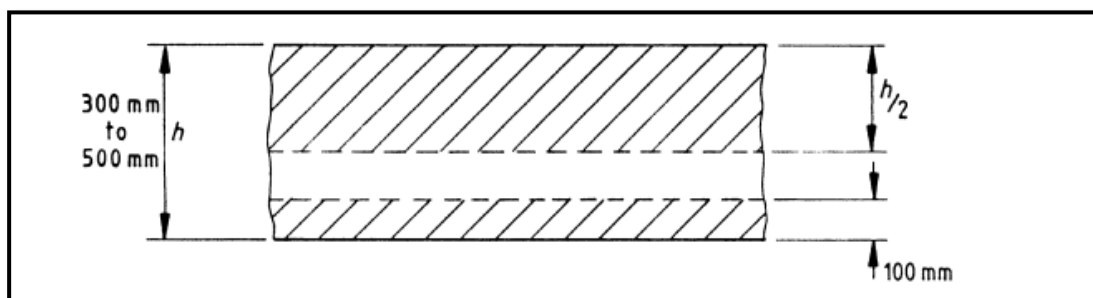
0



Deformação máxima vertical = 0,33 cm

17.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para $30\text{cm} \leq h \leq 50\text{cm}$ \rightarrow $h_{\text{sup}} = h/2$ e $h_{\text{inf}} = 10\text{cm}$ – Conforme BS 8007:1987 (Design of concret structures for retaining aqueous liquids)



Para $h = 30\text{cm}$ \rightarrow $h_{\text{sup}} = 30/2 = 15\text{cm}$ e $h_{\text{inf}} = 10\text{cm}$

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 233 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$$A_s = k k_{cft,ef} A_{ct} / \sigma_s$$

$$A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30 \text{ kgf/cm}^2 \times (15 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) / 3600 \text{ kgf/cm}^2 =$$

$$A_s = 8 \text{ cm}^2 - \varnothing 10 \text{ c/9}$$

17.5 RESUMO

- Parede e fundo com espessura de 30 cm
- Armação transversal externa e interna das paredes e lajes = $\varnothing 10 \text{ c/9}$
- Armação longitudinal das paredes e lajes = $\varnothing 10 \text{ c/9}$

18.0 DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE LAMAS

Para o dimensionamento do canal de lammas, ver documento DF19-263-1-CV-MEC-0002.

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO
ESTRUTURAL
MEMÓRIA DE CÁLCULO

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

235
/20.0236

Nº DF+

DF19-263-1-CV-MEC-0003

REV.

0

**CONDIÇÕES:**

- 01- Impostos: - IPI - 05% (A Incluir) - Class. Fiscal.: 7308.90.90
- ICMS - 12% (Incluso nos preços)
Material destinado à REVENDA.
- 02- Prazo de entrega: - 30 dias a contar do primeiro dia útil após a confirmação do pedido.
- 03- Pagamento: - 21 d.d. liq., ou à vista com 05% de desconto.
- Condição de pagamento vinculada a atualização da ficha cadastral.
- 04- Local de entrega: - A retirar em nossa fábrica.
- 05- Validade: - 10 dias.

Atenciosamente.

SELMEC EQUIPAMENTOS PARA PROCESSO LTDA.
ANTÔNIO VANDERLEI FERREIRA
(DIRETOR COMERCIAL)

Contato em Vendas:

Paulo Benatti / Diego Campos

		ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº MOSAIC -	PÁGINA 236 /20.0236
		Nº DF+ DF19-263-1-CV-MEC-0003	REV. 0

20.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO	
Razão social: DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA CNPJ: 07.214.006/0001-00	http: www.dfmais.eng.br
Belo Horizonte / MG - dfmais@dfmais.eng.br - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001	

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação
Gabriela Leite	GL	Concreto	Dimensionamento Estrutural/Elaboração do Documento
Iara Couto	IC	Concreto	Revisão



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC: - PÁGINA 2/2
 Nº DF+ REV. DF19-263-1-EG-PLA-0002 1

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
1	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS DE OBRAS / INSTALAÇÕES DEFINITIVAS						
1.1	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS DE OBRAS / INSTALAÇÕES DEFINITIVAS						
1.1.1	MOBILIZAÇÃO						
1.1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE PESSOAL E EQUIPAMENTOS						
1.1.1.1.1	Mobilização de pessoal e equipamentos	vb	1,00	-		-	-
1.1.2	CANTEIRO DE OBRAS						
1.1.2.1	CONSTRUÇÃO DE CANTEIRO DE OBRAS						
1.2.1.1	Construção completa de canteiro de obras	vb	1,00	-		-	-
1.1.2.2	MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO						
1.2.2.1	Manutenção e operação de canteiro de obras	vb x mês	84,00	15	VER NOTA 1	-	-
1.1.3	DESMOBILIZAÇÃO						
1.1.3.1	DESMOBILIZAÇÃO DE PESSOAL E EQUIPAMENTOS						
1.1.3.1.1	Desmobilização de pessoal e equipamentos	vb	1,00	-		-	-
2	INSTRUMENTAÇÃO						
2.1	INSTRUMENTAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS						
2.1.1	INSTRUMENTAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS						
2.1.1.1	MEDIDOR DE NÍVEL D' ÁGUA				VER NOTA 2		
2.1.1.1.1	Mobilização e desmobilização de equipamentos e pessoal	vb	1,00	-			
2.1.1.1.2	Deslocamento e instalação de equipamentos e equipes para distâncias até 1000 m	un	1,00	-			
2.1.1.1.3	Readequação de Medidor de Nível d'Água (Instrumentos existentes)	un	14,00	-	VER NOTA 3		
2.1.1.1.4	Readequação de Medidor de Nível d'Água (Instrumentos existentes)	m	196,66	-	VER NOTA 3		
2.1.1.1.5	Instalação de novos Medidores de Nível d' Água	un	7,00	-	VER NOTA 4		
2.1.1.1.6	Instalação de novos Medidores de Nível d' Água	m	147,90	-	VER NOTA 4		
2.1.1.1.7	Remoção/obstrução de Medidor de Nível d'Água	un	1,00	-	VER NOTA 5		
2.1.1.1.8	Relatório técnico e desenhos de locação de Medidor de Nível d'Água	vb	1,00	-			
2.1.1.2	PIEZÔMETRO CASAGRANDE						
2.1.1.2.1	Mobilização e desmobilização de pessoal e equipamentos para instalação de Piezômetro de Tubo Aberto	vb	1,00	-			
2.1.1.2.2	Deslocamento e instalação de equipamentos e equipes para distâncias até 1000 m	un	1,00	-			
2.1.1.2.3	Readequação de Piezômetro do Tipo Casagrande (Instrumentos existentes)	un	8,00	-	VER NOTA 6		
2.1.1.2.4	Readequação de Piezômetro do Tipo Casagrande (Instrumentos existentes)	m	141,52				
2.1.1.2.5	Instalação de Piezômetro do tipo Casagrande (Novos instrumentos)	un	6,00		VER NOTA 7		
2.1.1.2.6	Instalação de Piezômetro do tipo Casagrande (Novos instrumentos)	m	157,00		VER NOTA 7		



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO PLANILHA DE QUANTIDADES	Nº MOSAIC: -	PÁGINA 2/2
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-PLA-0002	REV. 1

3/14

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
2.1.1.2.7	Remoção/obstrução de Piezômetro do tipo Casagrande	un	1,00	-	VER NOTA 8		
2.1.1.2.8	Relatório técnico e desenhos de locação de Piezômetro de Tubo Aberto	vb	1,00	-			
2.1.1.3	MEDIDOR DE VAZÃO						
2.1.1.3.1	Mobilização e desmobilização de pessoal e equipamentos para instalação de Medidor de Vazão	vb	1,00	-			
2.1.1.3.2	Deslocamento e instalação de equipamentos e equipes para distâncias até 1000 m	un	1,00	-			
2.1.1.3.3	Demolição de Medidor de Vazão existente	un	2,00	-	VER NOTA 15		
2.1.1.3.4	Instalação de Medidor de Vazão	un	2,00	-			
2.1.1.3.5	Relatório técnico e desenhos de locação de Medidor de Vazão	vb	1,00	-			
2.1.1.4	MARCO SUPERFICIAL						
2.1.1.4.1	Mobilização e desmobilização de pessoal e equipamentos para instalação de Marco Superficial	vb	1,00	-			
2.1.1.4.2	Deslocamento e instalação de equipamentos e equipes para distâncias até 1000 m	un	1,00	-			
2.1.1.4.3	Demolição de Marco superficial existente	un	8,00	-			
2.1.1.4.4	Instalação de Marco Superficial	un	12,00	-			
2.1.1.4.5	Relatório técnico e desenhos de locação de Marco Superficial	vb	1,00	-			
2.1.1.5	RÉGUA LINIMÉTRICA						
2.1.1.5.1	Mobilização e desmobilização de pessoal e equipamentos para instalação de régua linimétrica	vb	1,00	-			
2.1.1.5.2	Deslocamento e instalação de equipamentos e equipes para distâncias até 1000 m	un	1,00	-			
2.1.1.5.3	Remoção de régua linimétrica	un	1,00	-	VER NOTA 19		
2.1.1.5.4	Instalação de régua linimétrica	un	1,00	-			
2.1.1.5.5	Relatório técnico e desenhos de locação de régua linimétrica	vb	1,00	-			
3	ACESSOS						
3.1	SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM						
3.1.1	LIMPEZA DO TERRENO						
3.1.1.1	LIMPEZA DO TERRENO						
3.1.1.1.1	Supressão vegetal sem destocamento de vegetação com Ø =< 15cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000m - Ombreira Direita	m²	4.690,08	05			
3.1.1.1.2	Supressão vegetal sem destocamento de vegetação com Ø =< 15cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000m - Ombreira Esquerda	m²	2.792,41	05			
3.1.1.1.3	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de bota-espera - DMT até 1000m - Espessura de 30 cm.	m³	2.244,75	10			
3.1.2	TERRAPLANAGEM						



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA
BARRAGEM BR - EL 1210 M

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC: -
Nº DF+
DF19-263-1-EG-PLA-0002

PÁGINA 2/2
REV. 1

4/14

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
3.1.2.1	ESCAVAÇÃO, CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA E ESPALHAMENTO DE MATERIAL						
3.1.2.1.1	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento - DMT até 1000 m - Ombreira Direita	m³	1.414,51	10			
3.1.2.1.2	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento - DMT até 1000 m - Ombreira Esquerda	m³	976,44	10			
3.1.2.1.3	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento - DMT até 1000 m - Ombreira Esquerda - Acessos às Bermas	m³	5.889,00	10			
3.1.2.2	COMPACTAÇÃO DE ATERRO						
3.1.2.2.1	Compactação de aterro a 98% do Proctor Normal - Acesso Ombreira Direita	m³	406,04	10			
3.1.2.2.2	Compactação de aterro a 98% do Proctor Normal - Acesso Ombreira Esquerda	m³	3.689,13	10			
3.1.2.2.3	Compactação de aterro a 98% do Proctor Normal - Acesso Ombreira Esquerda - Acesso às Bermas	m³	600,50	10			
3.2	DRENAGEM SUPERFICIAL						
3.2.1	SARJETAS E TRANSPOSIÇÕES						
3.2.1.1	SARJETAS E TRANSPOSIÇÕES DE SEGMENTOS DE SARJETAS						
3.2.1.1.1	Sarjeta Triangular de Concreto - Padrão DNIT - STC03 - Ombreira Direita	m	415,92	05			
3.2.1.1.1	Sarjeta Triangular de Concreto - Padrão DNIT - STC02 - Ombreira Esquerda	m	483,20	05			
3.2.1.1.1	Sarjeta Triangular de Concreto - Padrão DNIT - STC02 - Ombreira Esquerda - Acessos às Bermas	m	856,83	05			
4	MACIÇO DE MAGNETITA						
4.1	SERVIÇOS PRELIMINARES						
4.1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES						
4.1.1.1	SUPRESSÃO VEGETAL						
4.1.1.1.1	Área diretamente afetada - Maciço e Reservatório	m²	4.100.000,00	05			
4.1.1.1.2	Supressão vegetal com destocamento de vegetação com Ø =< 30 cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000 m - Maciço	m²	19.101,41	05			
4.1.1.1.3	Supressão vegetal com destocamento de vegetação com Ø =< 30 cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000 m - Reservatório	m²	150.898,59	10			
4.1.1.2	LIMPEZA DO TERRENO						
4.1.1.2.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de bota-espera - DMT até 1000m	m³	71.813,39	10	VER NOTA 18		
4.1.2	DESMONTES, DEMOLIÇÕES E REMOÇÕES						
4.1.2.1	DEMOLIÇÕES E DESMONTAGENS						
4.1.2.1.1	Demolição mecanizada de concreto simples (Marcos superficiais)	un.	8,00	-			



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC: - PÁGINA 2/2
Nº DF+ DF19-263-1-EG-PLA-0002 REV. 1

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
4.1.2.1.2	Demolição de canaletas de drenagem superficial existente na ombreira esquerda	un.	1,00	-			
4.1.2.1.3	Remoção/Demolição de bueiro existente na ombreira esquerda	un.	1,00	-			
4.1.2.2	ESTRUTURAS ESPECIAIS						
4.1.2.2.1	Realocação de Postes Elétricos ao longo do Maciço da estrutura	un.	1,00	-			
4.1.2.2.2	Realocação da Estação de Video Monitoramento Existente	un.	1,00	-			
4.1.3	SISTEMA DE BOMBEAMENTO - ESGOTAMENTO DA REGIÃO ENSECADA						
4.1.3.1	BOMBEAMENTO						
4.1.3.1.1	Mobilização, Instalação e funcionamento e manutenção de conjuntos moto-bomba	vb	1,00	-			
4.1.3.2.1	Operação e manutenção de bomba	vbxmês	84,00	-	VER NOTA 10		
4.2	DRENAGEM INTERNA						
4.2.1	PROLONGAMENTO DO DRENO DE PÉ						
4.2.1.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
4.2.1.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de enrocamento	m³	39.773,00	05			
4.2.1.1.2	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (brita 3)	m³	5.251,00	05			
4.2.1.1.3	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (brita 0)	m³	5.251,00	05			
4.2.1.1.4	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (Areia grossa lavada)	m³	5.251,00	05			
4.2.2	TAPETE DRENANTE - TERRENO NATURAL						
4.2.2.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
4.2.2.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de areia grossa	m³	15.715,00	05			
4.2.2.1.2	Fornecimento, espalhamento e adensamento de areia fina a média (h=30cm)	m³	1.361,00	05			
4.2.2.1.3	Fornecimento, espalhamento e adensamento de areia fina a média (h=50cm)	m³	8.980,00	05			
4.2.3	TAPETE DRENANTE - TAMPONAMENTO EXTRAVASOR ATUAL						
4.2.3.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
4.2.3.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de enrocamento	m³	11,00	05			
4.2.3.1.2	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (brita 3)	m³	1,22	05			
4.2.3.1.3	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (brita 0)	m³	97,15	05			
4.2.3.1.4	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (Areia média lavada)	m³	595,27	05			
4.3	MACIÇO				VER NOTA 11		
4.3.1	MACIÇO DE MAGNETITA						



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC:	-	PÁGINA	2/2
Nº DF+:	DF19-263-1-EG-PLA-0002	REV.	1

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
4.3.1.1	LANÇAMENTO E ESPALHAMENTO DE REJEITO DE MAGNETITA						
4.3.1.1.1	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento de rejeito de magnetita - DMT até 1000 m	m³	1261332,50	05	VER NOTA 20		
4.3.1.2	COMPACTAÇÃO DE ATERRO						
4.3.1.2.1	Compactação de aterro a 100% do Proctor Normal (Rejeito de Magnetita)	m³	1261332,50	05	VER NOTA 20		
4.3.2	ATERRO DO EXTRAVASOR						
4.3.2.1	LANÇAMENTO E ESPALHAMENTO DE REJEITO DE MAGNETITA						
4.3.2.1.1	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento de argila compactada - DMT até 1000 m	m³	4.931,33	05	VER NOTA 20		
4.3.2.2	COMPACTAÇÃO DE ATERRO						
4.3.2.2.1	Compactação de aterro a 100% do Proctor Normal (Aterro Compactado)	m³	4.931,33	05	VER NOTA 20		
4.5	DRENAGEM SUPERFICIAL						
4.5.1	CANALETAS DE BERMA						
4.5.1.1	ESCAVAÇÃO DE CAVAS OU VALAS EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA - CANALETAS DE BERMA						
4.5.1.1.1	Escavação manual de cavas ou valas, material de 1ª categoria - profundidade até 1,5m	m³	381,915	05			
4.5.1.2	BOTA-FORA DE MATERIAL EXCEDENTE - USO GERAL						
4.5.1.2.1	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria em bota-fora - DMT até 1000m - uso geral	m³	381,915	05			
4.5.1.3	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
4.5.1.3.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	3.718,00				
4.5.1.4	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
4.5.1.4.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	80,00				
4.5.1.4.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	584,00				
4.5.1.5	JUNTA COM MASTIQUE ELÁSTICO / CORDA ALCATROADA / POLIURETANO						
4.5.1.5.1	Junta em mastique elástico à base de poliuretano ou alcatrão, incluindo preparo da superfície (sem necessidade de corte do concreto)	dm³	71,00				
4.5.1.6	JUNTA DE DILATAÇÃO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO						
4.5.1.6.1	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor)	dm³	869,00				



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC: - PÁGINA 2/2
Nº DF+ REV. 1
DF19-263-1-EG-PLA-0002

7/14

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
4.5.1.7	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
4.5.1.7.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	63.085,00				
4.5.2	CANAIS DE OMBREIRA						
4.5.1.1	ESCAVAÇÃO DE CAVAS OU VALAS EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA						
4.5.1.1.1	Escavação manual e/ou mecanizada, material de 1ª categoria - profundidade até 1,5m - (Canal de Ombreira Direita 01)	m³	548,00	05			
4.5.1.1.2	Escavação manual e/ou mecanizada, material de 1ª categoria - profundidade até 1,5m - (Canal de Ombreira Direita 02)	m³	964,00	05			
4.5.1.1.3	Escavação manual e/ou mecanizada, material de 1ª categoria - profundidade até 1,5m - (Canal de Ombreira Esquerda)	m³	1.255,00	05			
4.5.1.2	BOTA-FORA DE MATERIAL EXCEDENTE - USO GERAL						
4.5.1.2.1	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria em bota-fora - DMT até 1000m - canal de ombreira direita 01	m³	548,00	05			
4.5.1.2.2	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria em bota-fora - DMT até 1000m - canal de ombreira direita 02	m³	964,00	05			
4.5.1.2.3	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria em bota-fora - DMT até 1000m - canal de ombreira esquerda	m³	1.255,00	05			
4.5.1.3	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
4.5.1.3.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	5.089,00	05			
4.5.3.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
4.5.3.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	75,00	05			
4.5.3.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	752,00	05			
4.5.3.3	JUNTA COM MASTIQUE ELÁSTICO / CORDA ALCATROADA / POLIURETANO						
4.5.3.3.1	Junta em mastique elástico à base de poliuretano ou alcatrão, incluindo preparo da superfície (sem necessidade de corte do concreto)	dm³	266,00	05			
4.5.3.4	JUNTA DE DILATAÇÃO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO						
4.5.3.4.1	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor)	dm³	1.652,00	05			



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC: - PÁGINA 2/2
Nº DF+ REV. 1
DF19-263-1-EG-PLA-0002

8/14

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
4.5.3.5	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
4.5.3.5.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	73.943,00	05			
4.5.2	ESTRUTURA EM AÇO						
4.5.3.6	ESTRUTURA EM AÇO - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
4.5.3.6.1	Cantoneira Metálica L 4"x4" #6,35 mm	kg	824,00	05			
4.5.3.7.1	Grade tipo SELMEC modelo GS-C4-48 ou Similar	m²	52,00	05			
4.5.3	SARJETAS - PADRÃO DNIT				VER NOTA 12		
4.5.3.1	SARJETAS E TRANSPOSIÇÕES DE SEGMENTOS DE SARJETAS						
4.5.3.1.1	Sarjeta Triangular de Concreto - Padrão DNIT STC-03	m	1.010,15	05			
4.6	SERVIÇOS COMPLEMENTARES						
4.6.1	PAISAGISMO E AJARDINAMENTO - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO - TOPSOIL						
4.6.1.1	ESCAVAÇÃO, CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA E ESPALHAMENTO DE MATERIAL						
4.6.1.1.1	Lançamento e espalhamento de camada de "top soil", espesura h=30 cm	m³	14.708,99	05			
4.6.1.2	REVESTIMENTO VEGETAL						
4.6.1.2.1	Plantio de grama por hidrossemeadura	m²	49.029,97	05			
5	CANAL EXTRAVASOR						
5.1	SERVIÇOS PRELIMINARES						
5.1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES						
5.1.1.1	SUPRESSÃO VEGETAL						
5.1.1.1.1	Supressão vegetal com destocamento de vegetação com Ø =< 30 cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000 m	m²	18.624,44	05	VER NOTA 09		
5.1.2	LIMPEZA DO TERRENO						
5.1.2.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de bota-espera - DMT até 1000m	m³	5.587,33	05	VER NOTA 16		
5.2	SERVIÇOS EM TERRA / TERRAPLENAGEM						
5.2.1	ESCAVAÇÃO COMUM				VER NOTA 13		
5.2.1.1	ESCAVAÇÃO DE CAVAS OU VALAS EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA						
5.2.1.1.1	Escavação mecanizada e/ou manual de material de 1ª categoria	m³	70.245,94	15	VER NOTA 20		
5.2.1.2	ESCAVAÇÃO DE CAVAS OU VALAS EM MATERIAL DE 2ª CATEGORIA						
5.2.1.2.1	Escavação mecanizada de material de 2ª categoria	m³	16.475,76	15			
5.2.1.3	ESCAVAÇÃO DE CAVAS OU VALAS EM MATERIAL DE 3ª CATEGORIA						
5.2.1.3.1	Escavação mecanizada de material de 3ª categoria sem uso de explosivos	m³	4.118,94	15			



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC: - PÁGINA 2/2
 Nº DF+: DF19-263-1-EG-PLA-0002 REV. 1

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
5.2.2	CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA E ESPALHAMENTO DE MATERIAL – USO GERAL						
5.2.2.1	CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA E ESPALHAMENTO DE MATERIAL – USO GERAL						
5.2.2.1.1	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria em área de bota-fora - DMT até 1000m	m³	70.245,94	15	VER NOTA 20		
5.2.2.1.2	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 2ª categoria em área de bota-fora - DMT até 1000m	m³	16.475,76	15			
5.2.2.1.3	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 3ª categoria em área de bota-fora - DMT até 1000m	m³	4.118,94	15			
5.2.3	REATERRO LATERAL DO CANAL				VER NOTA 14		
5.2.3.1	CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA, ESPALHAMENTO E COMPACTAÇÃO DE ATERRO						
5.2.3.1.1	Carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação de aterro a 95% do Proctor Normal	m³	5.386,22	05			
5.3	ESTRUTURAS DE CONCRETO						
5.3.1	GALERIA						
5.3.1.1	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
5.3.1.1.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	144,00	05			
5.3.1.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
5.3.1.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	5,00	05			
5.3.1.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	57,00	05			
5.3.1.3	JUNTA COM MASTIQUE ELÁSTICO / CORDA ALCATROADA / POLIURETANO						
5.3.1.3.1	Junta em mastique elástico à base de poliuretano ou alcatrão, incluindo preparo da superfície (sem necessidade de corte do concreto)	dm³	14,00	05			
5.3.1.4	JUNTA DE DILATAÇÃO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO						
5.3.1.4.1	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor)	dm³	320,00	05			
5.3.1.5	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
5.3.1.5.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	7.669,00	05			
5.3.2	CANAL DE APROXIMAÇÃO						



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA
BARRAGEM BR - EL 1210 M

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC: -
Nº DF+
DF19-263-1-EG-PLA-0002

PÁGINA 2/2
REV. 1

10/14

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
5.3.2.1	CONCRETO PROJETADO - PREPARO, TRANSPORTE, PROJEÇÃO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
5.3.2.1.1	Fornecimento e execução de concreto para projeção	m³	540,97	05			
5.3.3	CANAL RÁPIDO						
5.3.3.1	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
5.3.3.1.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	3.381,00	05			
5.3.3.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
5.3.3.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	150,00	05			
5.3.3.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	1.084,00	05			
5.3.3.3	JUNTA COM MASTIQUE ELÁSTICO / CORDA ALCATROADA / POLIURETANO						
5.3.3.3.1	Junta em mastique elástico à base de poliuretano ou alcatrão, incluindo preparo da superfície (sem necessidade de corte do concreto)	dm³	114,00	05			
5.3.3.4	JUNTA DE DILATAÇÃO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO						
5.3.3.4.1	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor)	dm³	1.827,00	05			
5.3.3.5	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
5.3.3.5.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	139.418,00	05			
5.3.4	ALAS DE TRANSIÇÃO						
5.3.4.1	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
5.3.4.1.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	150,00	05			
5.3.4.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
5.3.4.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	12,00	05			
5.3.4.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 15,0 MPa.	m³	55,00	05			
5.3.4.2.3	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	94,00	05			



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC: - PÁGINA 2/2
 Nº DF+ DF19-263-1-EG-PLA-0002 REV. 1

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
5.3.4.3	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
5.3.4.3.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	11.576,00	05			
5.3.5	BACIA DE DISSIPACÃO						
5.3.5.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
5.3.5.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de enrocamento D50 = 0,40 m	m³	590,27	05			
5.3.6	DEFENSA METÁLICA						
5.3.5.1	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO						
5.3.5.1.1	Fornecimento e assentamento de defesa metálica, padrão DNER	m	10,00	-			
6	CANAL DE LAMAS						
6.1	SERVIÇOS PRELIMINARES						
6.1.1	SUPRESSÃO VEGETAL						
6.1.1.1	Supressão vegetal com destocamento de vegetação com Ø =< 30 cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000 m	m²	36.647,95	10			
5.1.1.2	LIMPEZA DO TERRENO						
5.1.1.2.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de bota-espera - DMT até 1000m	m³	10.994,39	05	VER NOTA 16		
6.1.2	TERRAPLANAGEM						
6.1.2.1	ESCAVAÇÃO, CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA E ESPALHAMENTO DE MATERIAL						
6.1.2.1.1	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento - DMT até 1000 m	m³	14.131,05	10			
6.1.2.2	CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA, ESPALHAMENTO E COMPACTAÇÃO DE ATERRO						
6.1.2.2.1	Carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação de aterro a 95% do Proctor Normal	m³	26.246,18	10			
6.1.2.2.2	Carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação de leira de proteção com aterro sem controle de compactação	m³	612,40				
6.1.3	BUEIRO SOB O CANAL DE LAMAS						
6.1.3.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
6.1.3.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de enrocamento D50 = 20 mm	m³	625,62	10			
6.1.3.1.2	Fornecimento, espalhamento e adensamento de brita 3	m³	625,62	10			
6.1.3.1.3	Fornecimento, espalhamento e adensamento de areia média	m³	625,62	10			
6.1.3.2	BUEIRO SIMPLES TUBULAR DE CONCRETO						



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC: - PÁGINA 2/2
Nº DF+ REV. 1
DF19-263-1-EG-PLA-0002

12/14

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
6.1.3.2.1	Fabricação, transporte e montagem de elementos pré-moldados de concreto, inclusive fornecimento de materiais - Tubo de concreto DN = 1800	m	34,00	10			
6.1.4	REVESTIMENTO						
6.1.4.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
6.1.4.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de laterita	m³	2.627,33	10			
6.2	SERVIÇOS COMPLEMENTARES						
6.2.1	PAISAGISMO E AJARDINAMENTO - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
6.2.1.1	REVESTIMENTO VEGETAL						
6.2.1.1.1	Fornecimento e implantação de biomanta com acessórios conforme projeto	m²	5.472,28	05			
6.2.1.1.2	Fornecimento e instalação de grama em placas	m²	8.415,07	05			
6.3	ESTRUTURAS DE CONCRETO						
6.3.1	GALERIA						
6.3.1.1	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
6.3.1.1.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	349,00	05			
6.3.1.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
6.3.1.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	16,00	05			
6.3.1.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	189,00	05			
6.3.1.3	JUNTA COM MASTIQUE ELÁSTICO / CORDA ALCATROADA / POLIURETANO						
6.3.1.3.1	Junta em mastique elástico à base de poliuretano ou alcatrão, incluindo preparo da superfície (sem necessidade de corte do concreto)	dm³	40,00	05			
6.3.1.4	JUNTA DE DILATAÇÃO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO						
6.3.1.4.1	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor)	dm³	536,00	05			
6.3.1.5	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
6.3.1.5.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	21.094,00	05			
7	MEDIDOR DE VAZÃO						
7.1	ESTRUTURAS DE CONCRETO						
7.1.1	ESTRUTURAS DE CONCRETO						
7.1.1.1	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M

13/14

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO PLANILHA DE QUANTIDADES	Nº MOSAIC:	PÁGINA
	Nº DF+ DF19-263-1-EG-PLA-0002	2/2 REV. 1

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
7.1.1.1.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	72,00	05			
7.1.1.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
7.1.1.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	2,10	05			
7.1.1.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	20,00	05			
7.1.1.3	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
7.1.1.3.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	2.449,00	05			
7.1.1.4	CHAPA METÁLICA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
7.1.1.4.1	Chapa metálica CH #1/4" USI SAC 350	kg	157,00	05			

Notas:

- 1 - Tempo estimado total para finalização das obras de 7 anos.
- 2 - Os Indicadores de Nível d'Água devem ser instalados no contato do rejeito com o terreno natural.
- 3 - INA'S existentes que deverão ser alteados/modificados na Barragem BR, (INA01 - INA02 - INA03 - INA04 - INA05 - INA06 - INA07 - INA08 - INA09 - INA102 - INA103 - INA104 - INA105 e INAOE01).
- 4 - INA'S programados para Barragem BB Alteamento 1.210,00m, (INA110 - INA111 - INA112 - INA113 - INA114, INA115 e INA116) com profundidades (18,00 - 29,00 - 13,40 - 26,00 - 27,50 - 19,00 e 15,00m) respectivamente. Profundidade total 147,90m.
- 5 - INA's que deverão ser removidos/obstruídos: INA101 (Comprimento de 28,30 m) .
- 6 - PZ'S existentes que deverão ser alteados/modificados na Barragem BR, (PZ102 – PZ103 – PZ104 – PZ105 – PZ106 – PZ107 – PZ108 e PZ109).
- 7 - PZ'S programados para Barragem BR Alteamento 1.210,00m, (PZ110 – PZ111 – PZ112 – PZ113 – PZ114 e PZ115) com profundidades (21,00 – 36,00 – 20,00 – 26,00 – 30,00 e 24,00) respectivamente. Profundidade total 157,00m.
- 8 - PZ que deverá ser demolido/obstruído: PZ101.
- 9 - Este material foi considerado para ser utilizado como top soil para o revestimento vegetal do maciço.
- 10 - Para implantação da obra, deverá ser previsto a operação, durante 24 horas, de um sistema de bombeamento devido à interferência do nível d'água do reservatório da Barragem BD5. O tempo estimado total para finalização das obras de 7 anos.Caso a Mosaic, opte por não realizar um trabalho de rebaixamento da soleira do extravasor desta estrutura, o sistema de bombeamento deverá operar durante toda a vida útil de ambas as estruturas.
- 11 - Volumes considerados geométricos.
- 12 - Foi considerado no cálculo todas as sarjetas padrão DNIT a serem implantadas ao longo dos acessos e de algumas bermas do maciço.
- 13 - Em função da impossibilidade de execução de sondagens mistas ao longo do eixo do perfil extravasor, ficou acordado entre a DF+ e a Mosaic que seriam utilizadas as sondagens à percussão existentes ao longo do eixo do mesmo para a determinação do critério de tratamento de fundação, cujo objetivo foi avaliar a existência de materiais menos competentes, de consistência muito mole a mole e/ou compacidade fofa. Para execução da obra de escavação para implantação do sistema extravasor e estimativa do tipo de material escavado, foi considerado a seguinte composição de materiais para escavação do extravasor: 75% - material de 1ª categoria; 20% - material de 2ª categoria e 5% - material de 3ª categoria.
- 14 - Parte do material escavado para implantação do sistema extravasor poderá ser utilizado para reaterro lateral do canal rápido do extravasor. A Fiscalização deverá aprovar o uso do material.
- 15 - Apesar da DF+ não possuir o cadastro do medidor de vazão instalado no pé da Barragem BR, foi identificado em visita de campo a presença do mesmo. Dessa forma, além do MV4, este instrumento também deve ser Demolido.



PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M

**PROJETO DETALHADO BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
PLANILHA DE QUANTIDADES**

Nº MOSAIC:	-	PÁGINA	2/2
Nº DF+	DF19-263-1-EG-PLA-0002	REV.	1

14/14

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)

16 - Foi considerado uma espessura de 30 cm correspondente a limpeza superficial (solo orgânico).

17 - A defesa metálica a ser instalada tem função de proteção e deve ser instalada seguindo o indicado nos desenhos de número DF19-263-1-CV-DWG-0016 e DF19-263-1-CV-DWG-0023 seguindo a Especificação Técnica de número DF19-263-1-CV-ETC-0003.

18 - Volume considerado contabilizando a remoção de 30 cm de solo superficial ao longo do maciço (Volume = 0,3 x área do maciço) incrementado ao volume de remoção do solo mole ao pé da barragem.

19 - Foi considerado a remoção da régua linimétrica existente. A mesma não foi considerada no plano de instrumentação por não ter sido fornecido à DF+ sua localização.

20 - Por solicitação da Mosaic, foi considerado 25% de empolamento.