

LAUDO TÉCNICO

RELATÓRIO de INSPEÇÃO de SEGURANÇA REGULAR BARRAGEM PASSA CINCO

PONTE NOVA

2025

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	INFORMAÇÕES GERAIS	4
2.1	IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	4
2.2	IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	4
2.3	ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA	4
2.4	IDENTIFICAÇÃO DO AUDITOR	5
2.5	IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE AUDITORIA EXTERNA AO EMPREENDIMENTO .	5
2.6	EQUIPE TÉCNICA INTERNA DO EMPREENDIMENTO	6
3	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	7
4	CÓDIGOS E NORMAS	8
5	CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO	9
6	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	11
6.1	LOCALIZAÇÃO	12
7	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS.....	14
7.1	GEOLOGIA REGIONAL	14
7.2	ASPECTOS PEDOLÓGICOS.....	15
7.3	GEOLOGIA LOCAL	18
7.4	INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS	19
8	SISTEMAS DE DRENAGEM INTERNA, DRENAGEM EXTERNA E EXTRAVASORES	20
9	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	21
9.1	ANÁLISES DE ESTABILIDADE	21
9.1.1	<i>Sismicidade regional</i>	<i>21</i>

9.1.2	<i>Parâmetros adotados nas análises de estabilidade</i>	24
9.1.3	<i>Critérios e condições de contorno.....</i>	25
9.1.4	<i>Seções analisadas.....</i>	26
9.1.5	<i>Resultados obtidos.....</i>	26
10	AUSCULTAÇÃO.....	33
11	SEGURANÇA OPERACIONAL	33
12	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	34
13	ANEXOS	35
	ANEXO I – DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM - IGAM	36
	ANEXO II - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART	38
	ANEXO III - RELATÓRIO: CT 0171 - REV 01 - 2025	41
	ANEXO IV - RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA DO SUBSOLO 086 S1 0325	56
	ANEXO V - DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA	71
	ANEXO VI - LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS	83

1 INTRODUÇÃO

Em atendimento às disposições dadas na Lei Estadual de Minas Gerais nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019 (institui a política estadual de segurança de barragens) e do Decreto Estadual de Minas Gerais nº 48.140 de 25 de fevereiro de 2021, a EngX Soluções Integradas contratou a Baruk Engenharia Geotécnica para elaboração de Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) pós-obra e início de operação da barragem de armazenamento de água denominada Passa Cinco, para fins de irrigação e abastecimento, pertencente ao Parque Passa Cinco, localizada no município de Ponte Nova – MG.

Este estudo tem por objetivo atualizar os conhecimentos gerais relativos à segurança estrutural/hidráulica e de performance da barragem de armazenamento de água, denominada Barragem Passa Cinco, de maneira que este conhecimento possibilite qualificar o comportamento geotécnico e hidráulico da estrutura submetida às condições operacionais, bem como, permitir a realização de eventuais manutenções quando identificada a necessidade.

Neste contexto, para realização deste estudo, levou-se em consideração o resultado da inspeção realizada em 05 de maio de 2025, pela equipe técnica da BARUK composta pelo engenheiro geotécnico Dr. Adonai Gomes Fineza e o engenheiro Rômulo Ulysses Vieira Rodrigues.

A partir das análises apresentadas neste documento tem-se as condições de estabilidade atual do maciço, a qual resultou na declaração de estabilidade encaminhada junto a este documento.

2 INFORMAÇÕES GERAIS

2.1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Tabela 2.1 – Identificação do empreendedor

Razão Social: ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS	
Nome Fantasia: ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS/ ENGX	
CNPJ: 36.978.684/0001-48	
Endereço: Avenida Bernardes Filho, 31 - Lourdes, Viçosa - MG, CEP 36.572-016	
Telefone: 31 97575-2025	
E-mail	alex@engxsolucoes.com.br

2.2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Tabela 2.2 – Identificação do empreendimento

Razão Social: Parque Natural Municipal Tancredo Neves	
Nome Fantasia: Parque Natural Municipal Tancredo Neves/ Passa Cinco	
CNPJ: 23.804.149/0001-29	
Endereço: Parque Natural Municipal Tancredo Neves	
Telefone: 31 3819-5454	
E-mail: semam@pontenova.mg.gov.br	
Processo administrativo : 96/2023	

2.3 ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA

Tabela 2.3 – Endereço para envio de correspondência

Destinatário:
Razão Social: ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS
Endereço: Avenida Bernardes Filho, 31 - Lourdes, Viçosa - MG, CEP 36.572-016

2.4 IDENTIFICAÇÃO DO AUDITOR

Tabela 2.4 – Identificação do auditor

Responsável Técnico: ADONAI GOMES FINEZA
CPF: 051.732.426-12
Cargo: Sócio
Profissão: Engenheiro Civil/ Geotécnico
CREA: 94.683/D-MG
Telefone: (31) 98877-5005
E-mail: adonaifineza@gmail.com

2.5 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE AUDITORIA EXTERNA AO EMPREENDIMENTO

Tabela 2.5 – Identificação da equipe de auditoria externa ao empreendimento

Empresa Contratada: BARUK Engenharia Geotécnica Ltda
CNPJ: 11.261.426/0001-15
Endereço: Condomínio Privê Morada Sul Etapa C – Conjunto 21, Casa 14 – Jardim Botânico
CEP: 71.680-348 – Brasília – DF
Telefone: (31) 98877-5005
E-mail: adonaifineza@gmail.com
Responsável Técnico: ADONAI GOMES FINEZA
CPF: 051.732.426-12
Profissão: Engenheiro Civil e Geotécnico
CREA: 94.683/D-MG
Telefone: (31) 98877-5005
E-mail: adonaifineza@gmail.com

EQUIPE TÉCNICA			
PROFISSIONAL	ÁREA DE ATUAÇÃO	RESPONSABILIDADE	CREA:
Rômulo Ulysses Vieira Rodrigues	Geotecnia	Revisão/Inspeção	203.831/D-MG
Dr. Adonai Gomes Fineza	Geotecnia	Revisão/Inspeção	94.683/D-MG

2.6 EQUIPE TÉCNICA INTERNA DO EMPREENDIMENTO

Tabela 2.6 – Equipe técnica interna do empreendimento

EQUIPE TÉCNICA		
NOME	FORMAÇÃO	CARGO
Alex Junio Alves de Oliveira	Engenheiro Geotécnico	Gerente de contratos
Ivanilda Texeira da Sila	Engenheira Civil	Gerente administrativo

3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos relacionados a seguir na Tabela 3.1 foram utilizados na elaboração deste relatório ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele.

Tabela 3.1 – Documentos de referência.

NÚMERO	TÍTULO	EMPRESA
-	RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA DO SUBSOLO 086 S1 0325	Geopontuall
	RELATÓRIO: CT 0171 - REV 01 - 2025	Prospecsolos
-	LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE	Rayra Bellico Cária e Coelho
	DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA	ENGX
	<i>AS BUILT FINAL</i>	INOVE ENGENHARIA

4 CÓDIGOS E NORMAS

Para o desenvolvimento deste projeto foram consideradas as diretrizes constantes nas seguintes normas técnicas e legislações vigentes:

Lei Ordinária 23291/2019	Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens
Decreto 48140/2021	Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens, estabelece medidas para aplicação do art. 29 da Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, e dá outras providências.
Decreto 48460/2022	Altera o Anexo I.2 do Decreto nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021, que regulamenta dispositivos da Lei nº 23291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens, estabelece medidas para aplicação do art. 29 da Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, e dá outras providências
Portaria FEAM nº 679/2021	Estabelece procedimento a ser seguido para o cadastro e classificação das barragens submetidas à Política Estadual de Segurança de Barragens – PESB e dá outras providências.
Termo de referência para a elaboração do relatório técnico de auditoria de segurança de barragens	Estabelece o conteúdo mínimo para elaboração do relatório técnico de auditoria de segurança de barragens

5 CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO

Para a elaboração da avaliação da Barragem Passa Cinco, foram consideradas as seguintes premissas:

- Os estudos foram balizados pela NBR 13028/2017 - Mineração - Elaboração e apresentação de projeto para barragens, disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água;
- As sondagens geotécnicas realizadas pelas empresas Prospecosolos e Geopontuall em janeiro e abril de 2025 respectivamente e utilizadas para avaliação da estrutura
- A base topográfica realizada pela empresa INOVE Engenharia em fevereiro de 2025 e utilizada para presente avaliação da estrutura.
- A batimetria realizada pela engenheira Rayra Bellico Cária e Coelho realizada em setembro de 2021 utilizada para avaliação estrutural.
- Os ensaios de densidade *in situ* realizados pela empresa EngX durante o período de execução do barramento e utilizado para avaliação estrutural.

Para a elaboração da avaliação da Barragem Passa Cinco, foram considerados os seguintes critérios:

- O sistema de coordenadas adotado na elaboração do estudo e dos desenhos é o SIRGAS 2000, fuso 21 L;
- O reservatório é destinado apenas para acumulação e armazenamento de água;
- O reservatório foi executado com solo e possui filtro vertical e horizontal;
- A caracterização do maciço e da fundação foi baseada nas investigações e nos ensaios de campo e de laboratório;
- Os estudos de Avaliação da estrutura a serem realizados seguirá as seguintes premissas técnicas:
 - O aterro da barragem não é isotrópico, pelo fato de ser compactado, o coeficiente de permeabilidade horizontal é maior que o coeficiente de permeabilidade vertical;

- O peso específico, os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) e o coeficiente de permeabilidade dos materiais do maciço da barragem e da fundação foram obtidos a partir de ensaios de laboratório, ou foram estimados conforme os resultados obtidos nas investigações geológico-geotécnicas e nos ensaios de campo realizados;
- As análises de percolação foram feitas através do *software* Slide2, desenvolvido pela *Rocscience*. Estas análises objetivaram a obtenção da rede de fluxo e, com isso, a obtenção do nível freático no interior do maciço do barramento;
- As análises de estabilidade dos taludes da barragem foram realizadas conforme as diretrizes da NBR 13.028 (ABNT, 2017), que estabelece as diretrizes e os requisitos necessários para o projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reserva de água para Mineração. Conforme essa norma técnica, os taludes da barragem devem apresentar os Fatores de Segurança – FS’s mínimos apresentados na Tabela 5.1, de acordo com a cada fase de projeto/estrutura. Essas análises de estabilidade foram realizadas através do *software* Slide2, desenvolvido pela *Rocscience*, adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, e a teoria do equilíbrio limite pelo Método de Bishop.

Tabela 5.1 - Fatores de Segurança Mínimos para Barragens (Fonte: NBR 13.028, 2017)

FASE	TIPO DE RUPTURA	TALUDE	FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO
Final de Construção	Maciço e Fundações	Maciço e Fundações	1,3
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço e Fundação	Jusante	1,5
		Entre bermas	1,3
Operação com rede de fluxo em condição extrema	Maciço e Fundação	Jusante	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,1

6 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

Conforme Artigo 5º da Lei Federal n.º 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, sendo a Agência Nacional de Águas (ANA) a entidade fiscalizadora das barragens de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, para as quais outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, estando sob a sua tutela as barragens localizadas em rios de domínio da União. Deste modo, cabe à ANA, para as barragens localizadas em rios federais sob sua jurisdição, a definição dos critérios complementares e o estabelecimento da metodologia de definição dos limites da área potencialmente comprometida por eventual ruptura da barragem.

Nas tabelas a seguir encontram-se detalhadas as características inerentes à Barragem Passa Cinco e os pesos imputados a cada um dos parâmetros de classificação. Conforme pode-se observar, a barragem em estudo apresenta um CRI de 21 sendo classificada como de BAIXO risco, e um DPA de 20 tendo seu dano classificado como ALTO. A Barragem Passa Cinco foi devidamente caracterizada e identificada, apresentando, as informações na Tabela 6.1 e nos subitens a seguir.

Tabela 6.1 – Ficha de caracterização e de identificação da Barragem Passa Cinco.

DADOS GERAIS	
Nome da Barragem	Barragem Passa Cinco
Entidade fiscalizadora	ANA
Localização	R. Cel. Emílio Martins - Ponte Nova
Coordenadas Geográficas (ponto central da crista)	20°25'29.6"S 42°52'54.5"W
Finalidade do Barramento	Reservatório de Água
Ano de início de implantação	2022
Ano de início de operação	2025
Ano de término da operação	Reservatório operando
Ano de descaracterização	Não há obrigatoriedade
Situação (status) de operação atual da barragem	Ativa
Volume do reservatório (m ³)	153.780,5
Área do reservatório (ha)	3,49
Elevação (m) média do atual coroamento da barragem	477,1
Elevação (m) do terreno natural no ponto baixo do barramento (m)	460,0
Altura atual da barragem (m):	17,1
Extensão (m) aproximada da crista do maciço principal	88,0
Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados	Etapa única
Alteamentos previstos	Nenhum
Curso d'água interceptado:	() não (X) sim () total (X) parcial Nome: Córrego do Passa Cinco
Classificação de risco (CRI)	Baixo
Potencial de Dano Ambiental (DPA)	Alto
Instrumentação:	Medidores de Nível d'água, Marco Superficial, Medidor de vazão e Piezômetro.

6.1 LOCALIZAÇÃO

A Barragem Passa Cinco, de propriedade do município de Ponte Nova, está localizada no município de Ponte Nova/MG e situa-se a 2,2 km ao sudeste da cidade de Ponte Nova, aproximadamente entre as coordenadas 20°25'29.6"S 42°52'54.5"W (Figura 6.1).



Figura 6.1 – Localização da Barragem Passa Cinco.

7 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS

7.1 GEOLOGIA REGIONAL

A Barragem Passa Cinco, alvo da presente avaliação, está inserido na porção da zona da mata de Minas Gerais, encontra-se inserida no bioma mata atlântica, na bacia do grupo Piranga, está localizada na região de um orógeno, que é uma área de formação de montanhas. Especificamente, a região de Ponte Nova faz parte do Complexo Mantiqueira, um sistema orogênico brasileiro (Figura 7.1). Essa área é caracterizada por rochas metamórficas e grandes zonas de cisalhamento.

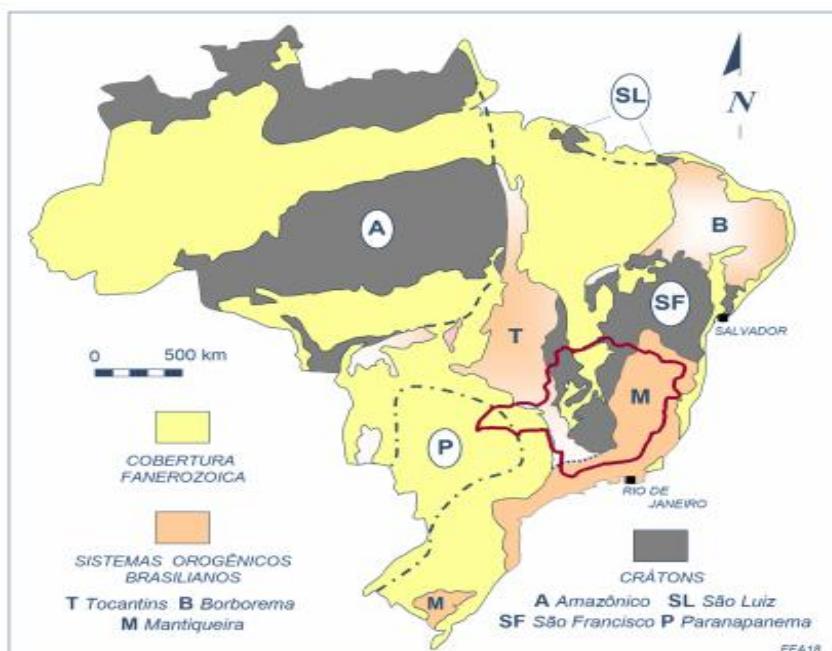


Figura 7.1 - Mapa da constituição geológica geral do Brasil.

O Orógeno Araçuaí é um orógeno confinado localizado no Brasil, formado entre o Neoproterozoico e o início do Paleozoico durante a amalgamação do supercontinente Gondwana.

O Orógeno Araçuaí ou Faixa de dobramentos Araçuaí foi definido primeiramente pelo professor Fernando Flávio Marques de Almeida em 1977. Este orógeno representa o segmento setentrional da Província Mantiqueira[1] e localiza-se a leste do Cráton do São Francisco, entre os paralelos 15° e 21°S[2] sendo limitado a Norte por este cráton e ao Sul pela Faixa Ribeira.(Figura 7.2)

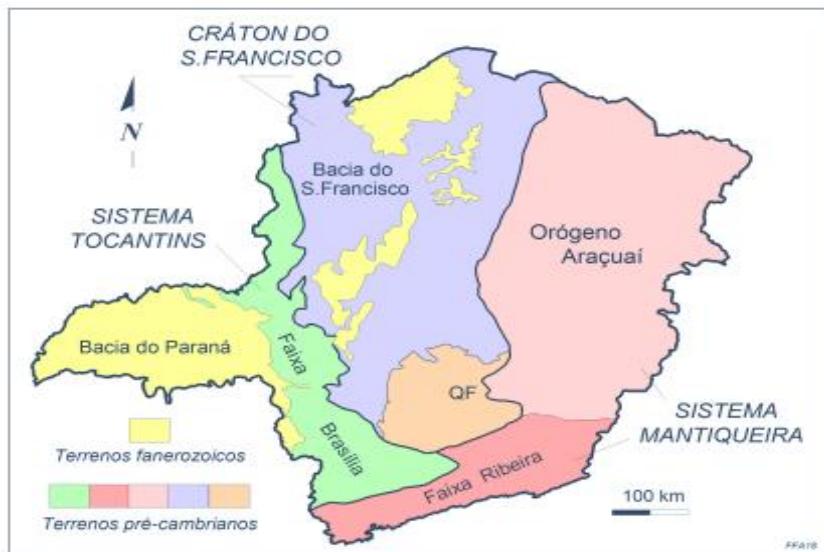


Figura 7.2 - Compartimentação geológica de Minas Gerais.

Em resumo: A compartimentação geológica de Minas Gerais é complexa, com diversas estruturas e tipos de rochas. Ponte Nova está inserida nesse contexto, com características geológicas que podem influenciar o seu desenvolvimento e gerenciamento do espaço físico.

7.2 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

O mapa Figura 7.4 foi desenvolvido pela Fundação Estadual de Meio Ambiente em parcerias com instituições de ensino superior de Minas Gerais, e traz um estudo aprofundado detalhando os tipos de solos encontrados em todo estado de Minas Gerais, bem como na região onde se localiza a barragem em questão.

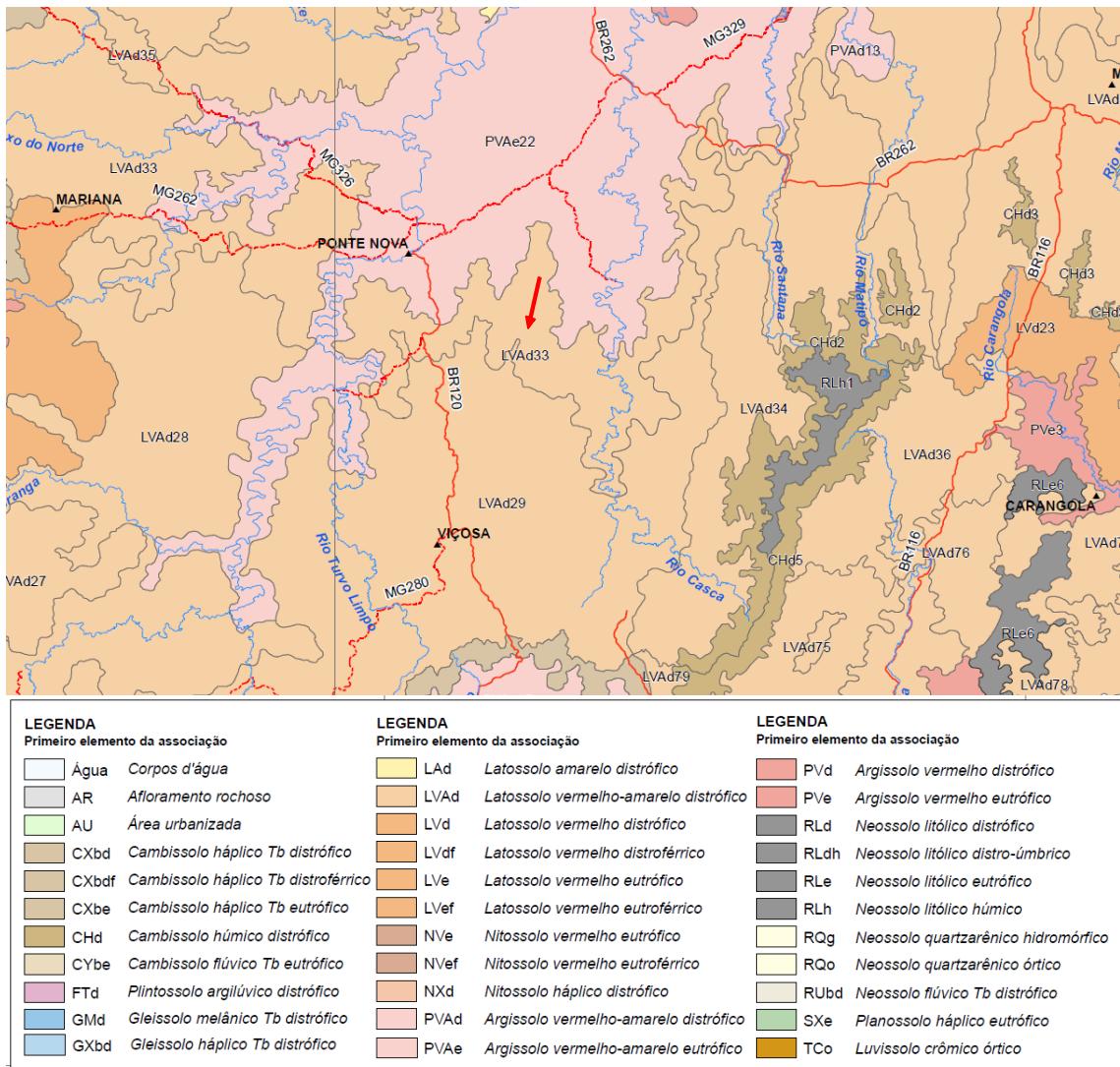


Figura 7.4 - Mapa de solos do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) barragem.

Com base nos dados analíticos e demonstrados no mapa da Figura, identificou-se o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd33) conforme os requisitos preconizados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos são solos em avançado estádio de intemperização, muito evoluídos como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo e têm capacidade de troca de cátions da fração argila baixa, inferior a 17 cmolc kg⁻¹ de argila sem correção para carbono, comportando variações desde solos

predominantemente cauliníticos, com valores de K_i mais altos, em torno de 2,0, admitindo o máximo de 2,2, até solos oxídicos de K_i extremamente baixo.

Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, o que é indicativo de formação em condições atuais ou pretéritas com um certo grau de gleização.

São normalmente muito profundos, sendo a espessura do solum raramente inferior a 1 m. Têm sequência de horizontes A, B, C com pouca diferenciação de sub-horizontes e transições usualmente difusas ou graduais. Em distinção às cores mais escuras do A, o horizonte B tem cores mais vivas, variando desde amarelas ou mesmo bruno-acinzentadas até vermelho-escuro-acinzentadas, nos matizes 2,5YR a 10YR, dependendo da natureza, forma e quantidade dos constituintes minerais – sobretudo dos óxidos e hidróxidos de ferro –, segundo condicionamento de regime hídrico e drenagem do solo, dos teores de ferro no material de origem e se a hematita é herdada ou não. No horizonte C, comparativamente menos colorido, a expressão cromática é bem variável, mesmo heterogênea, dada a sua natureza mais saprolítica ou do sedimento. O incremento de argila do A para o B é pouco expressivo ou inexistente, e a relação textural B/A não satisfaz aos requisitos para B textural. De um modo geral, os teores da fração argila no solo aumentam gradativamente com a profundidade ou permanecem constantes ao longo do perfil. A cerosidade, se presente, é pouca e fraca. Tipicamente, é baixa a mobilidade das argilas no horizonte B, ressalvados comportamentos atípicos de solos desenvolvidos de material com textura mais leve (de composição arenóquartzosa), de interações com constituintes orgânicos de alta atividade ou de solos com Δ pH positivo ou nulo. São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. Ocorrem, todavia, solos com saturação por bases média e até mesmo alta. Esses últimos são encontrados geralmente em zonas (semiáridas ou não) que apresentam estação seca pronunciada, ou ainda que apresentam influência de rochas básicas ou calcárias.

Esses solos são típicos das regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais, distribuídos, sobretudo, por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, normalmente em relevo plano e suave ondulado, embora possam ocorrer em áreas mais acidentadas, inclusive em relevo montanhoso. São

originados a partir das mais diversas espécies de rochas e sedimentos sob condições de clima e tipos de vegetação os mais diversos.

Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escura, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila. O horizonte B incipiente (B_i) tem textura francoarenosa ou mais argilosa, e o solo geralmente apresenta teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do A para o B_i . Admite-se diferença marcante de granulometria do A para o B_i em casos de solos desenvolvidos de sedimentos aluviais ou outros casos em que há descontinuidade litológica ou estratificação do material de origem. A estrutura do horizonte B incipiente (B_i) pode ser em blocos, granular ou prismática, havendo casos também de solos com ausência de agregados, com estrutura em grãos simples ou maciça.

Alguns solos desta classe possuem características morfológicas similares às dos solos da classe dos Latossolos, mas distinguem-se destes por apresentarem, no horizonte B, uma ou mais das características especificadas, não compatíveis com solos muito evoluídos como a capacidade de troca de cátions, sem correção para carbono, $\geq 17 \text{ cmolc kg}^{-1}$ de argila; e/ou, 4% ou mais de minerais primários alteráveis ou 6% ou mais de muscovita, determinados na fração areia, porém referidos à TFSA; e/ou, Relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (K_i), determinada na ou correspondendo à fração argila, $> 2,2$; e/ou, 5% ou mais do volume do solo com estrutura da rocha original, como estratificações finas, saprolito ou fragmentos de rocha semi ou não intemperizada.

7.3 GEOLOGIA LOCAL

A geologia local é formada por solo composto por argila siltosa e argila arenosa, como demonstra os furos de sondagens realizadas na região da construção do barramento antes da fase inicial de construção.

Todo solo de baixa qualidade ou solos que não se encaixaram nas determinações de norma, foram substituídos por outros com melhor funcionalidade

7.4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS

Para o desenvolvimento da Barragem Passa Cinco, foram realizados ensaios em campo e laboratorial para dar suporte ao estudo de estabilidade, sondagens e batimetria (ensaios entregues pelos responsáveis da ENGX). Conforme Anexos I, II, III e IV.

O material de fundação foi utilizado o próprio material de rocha alterada encontrada no local.

Foi apresentado pelos responsáveis da ENGX relatórios de ensaio de compactação e umidade de campo, realizados pela mesma do material lançado e compactado (os referidos laudos em anexo no fim deste relatório).

8 SISTEMAS DE DRENAGEM INTERNA, DRENAGEM EXTERNA E EXTRAVASORES

O reservatório de água para irrigação, Barragem Passa Cinco, possui sistema de drenagem interna construído de brita 0, tanto verticalmente quanto horizontalmente. No ato da vistoria o dreno interno encontrava-se em perfeito estado de operação, mesmo a barragem ainda em fase de enchimento sem estar na sua cota de operação.

O reservatório tem a função de armazenamento de água, assim o sistema extravasor está localizado na ombreira direita contendo um canal de aproximação, vertedouro em U.

O sistema extravasor não estava em funcionamento no momento da vistoria pois o nível de água ainda não alcançou a cota de funcionamento da barragem.

O sistema de drenagem externa está construído com canaletas e escadas hidráulicas conforme indicado no projeto.

9 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

O presente item apresenta as definições, critérios, parâmetros geotécnicos e as seções analisadas para a segurança do maciço principal da Barragem Passa Cinco, considerando os critérios estabelecidos na NBR 13.028 (ABNT, 2017).

9.1 ANÁLISES DE ESTABILIDADE

As análises de estabilidade estudaram a condição normal de operação da barragem, simulando a condição atual da estrutura, ambos com nível normal do reservatório. Adicionalmente, a condição de solicitação sísmica, foi levado em consideração nos estudos.

9.1.1 SISMICIDADE REGIONAL

A sismicidade ou atividade sísmica de uma área refere-se à frequência, tipo e tamanho dos sismos ao longo de um período de tempo na região. Esses tremores ocorrem principalmente por dois tipos, podendo ser condicionados por uma liberação de energia na crosta terrestre, ou induzidos por uma ação antrópica como, por exemplo, a construção de grandes represas hidrelétricas, barragens de rejeito e a lavra de mineração a céu aberto ou subterrânea.

Embora ocorram em baixas magnitudes, os sismos induzidos por ações antrópicas são de suma importância para a geotecnia. A Figura 9.1 mostra mapas de sismicidade brasileira com discriminação entre eventos naturais e desencadeados.

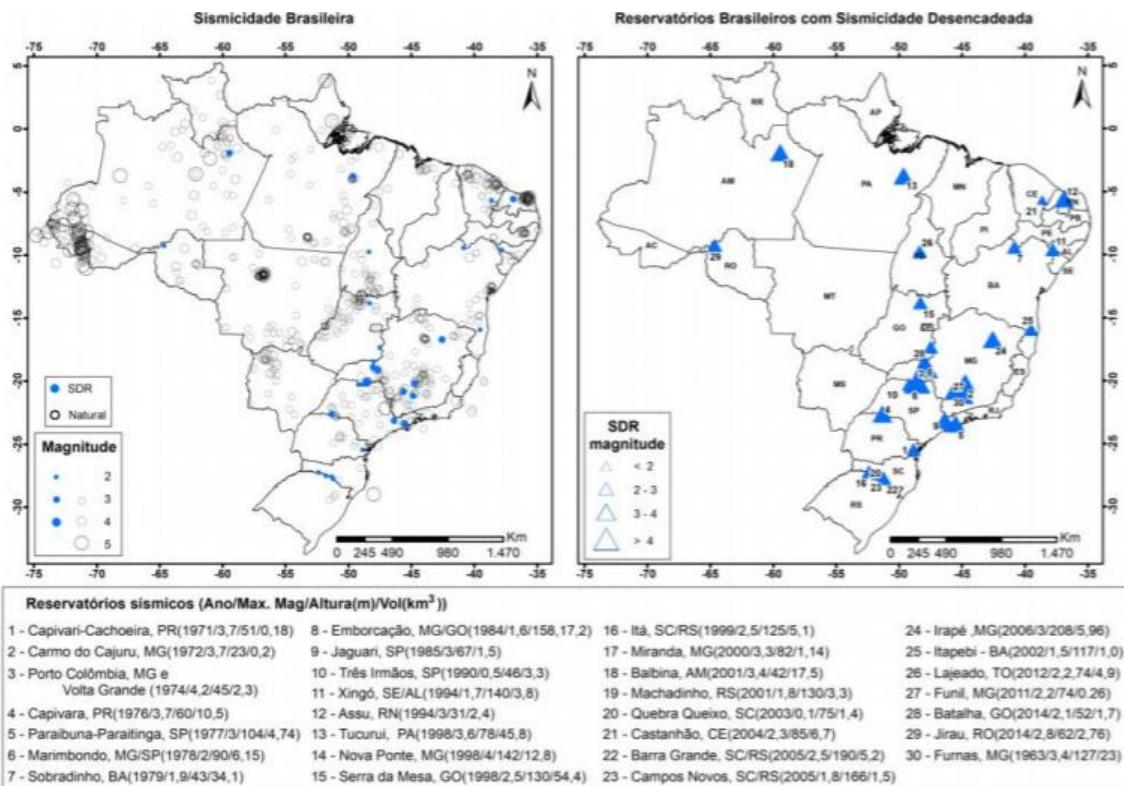


Figura 9.1 - Mapa de sismicidade brasileira com discriminação entre os eventos naturais e desencadeados. Os triângulos no mapa indicam os reservatórios brasileiros que apresentam sismicidade desencadeada.

De acordo com Oliveira & Marchioreto (2013), para ocorrências de sismos induzidos em reservatórios, o mecanismo aceito é o da percolação d'água a grandes profundidades, em planos de fraquezas do maciço rochoso subjacente ao reservatório que estejam submetidos a estados críticos de tensão. Desta forma os estudos geológico-geotécnicos são fundamentais para se determinar o perigo sísmico nas áreas onde há grandes obras.

Para o cálculo específico da aceleração a ser utilizada nas análises de estabilidade, o estudo seguiu os critérios especificados pela *Canadian Dam Association – CDA*, no documento *Dam Safety Guidelines* 2014, onde a aceleração máxima horizontal (PGA) depende do Tempo de retorno – TR em função da classificação da barragem. Na sequência, o coeficiente sísmico horizontal (K_h) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas foi adotado como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson e Franklin, 1983; Hynes-Griffin e Franklin, 1983; entre outros).

Embora a utilização de um valor para o coeficiente sísmico vertical K_v seja um conceito muito difundido, Seed e Martin (1966), e Duncan e Wright (2005) sugerem que o coeficiente sísmico vertical seja adotado igual a 0, sob a hipóteses de que o movimento das ondas sísmicas cisalhantes é vertical. Papadimitriou et al (2014), por sua vez, reforça que os valores de acelerações verticais em regiões de baixa atividades sísmicas podem ser consideradas desprezíveis ou de baixa relevância.

Sendo assim seguindo recomendações apresentadas pela CDA no documento *Dam Safety Guidelines 2007*, a metodologia adotada para determinação do K_h consiste em:

- Classificação da barragem pelos critérios propostos pelo CDA;
- Determinação do tempo de retorno do sismo de projeto;
- Determinação do sismo de projeto;
- Realização da análise pseudo-estáticas.

Em função da inexistência de estudos de ameaça sísmica local para a determinação do PGA associado a um equivalente a 1 entre 100 e 1.000 anos ou MCE, o PGA para a região onde está localizada a Barragem Passa Cinco, foi determinado com base nos estudos apresentados por Assumpção et al. (2016), que apresenta um estudo de ameaça sísmica para regiões do Brasil. Para obtenção do valor de aceleração sísmica, foi considerado o tempo de retorno (TR) de 100 anos. Além do mais, os estudos apresentados por Assumpção et al. (2016), apresentam acelerações de pico em rocha – PGA rocha, não sendo este o material de fundação da estrutura em estudo. A aceleração de projeto dever levar em conta efeitos de amplificação/ atenuação de ondas, distância focal do sismo e afins. Conforme, o Guia Ambiental do Ministério de Minas e Energia do Peru (MINEM -1997), aponta que as acelerações sísmicas em material de solo, para uma mesma distância focal, são entre 46% e 65% maiores em relação a acelerações em material rochoso.

Indica-se, portanto, a realização de estudo de ameaça sísmica local, com a determinação do PGA, tal como recomendado pelo CDA e pelo MINEM para falhas na proximidade de até 100 km da estrutura analisada, tanto na base rochosa quanto na base do maciço considerando a transmissão de ondas no solo.

Adicionalmente, conforme recomendado pelo CDA, MINEM, Perez & Tapia & Reyes & Ayala entre outros autores, uma estrutura estável durante um evento sísmico pode ainda experimentar deformações prejudiciais.

A estimativa dos deslocamentos permanentes induzidos por sismos deverá ser determinada a partir da elaboração de um acelerograma sintético obtido de um estudo de perigo sísmico, considerando a propagação de ondas, sejam estas análises em 1D, 2D ou 3D. Conforme Murphy (2010) os deslocamentos podem ser calculados por meio de três abordagens: análise de bloco rígido, desacoplada e acoplada. Dentre as análises mais conhecidas tem-se: para a análise de blocos rígidos, o método de Newmark (1965) - 1D; na análise desacoplada o Makdisi & Seed (1978) - 1D; e o Bray & Travasarou (2007) - 1D e análises numéricas dinâmicas, realizadas por softwares como o PLAXIS ou FLAC (2D e 3D), fazem parte dos métodos acoplados. Ainda, o método Bray & Travasarou (2009) permite selecionar um coeficiente sísmico com base nos deslocamentos máximos permitidos e no período natural de uma estrutura terrestre, melhorando assim a abordagem pseudo-estática.

A Barragem Passa Cinco está inserida na zona indicada com aceleração máxima de 0,08g no trabalho de Assumpção et al., 2016. Considerando, conforme supracitado, que o coeficiente sísmico horizontal (K_h) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson & Franklin, 1983; Hynes-Griffin & Franklin, 1983; entre outros), o valor para o coeficiente de aceleração sísmica horizontal (K_h) nas análises pseudo-estáticas é igual a 0,04g. No entanto, conforme recomendação da Eletrobrás (2003) deverá ser utilizado como valor mínimo de K_h igual a 0,05. Desta forma, as análises pseudo-estáticas consideraram o $K_h = 0,05$.

9.1.2 PARÂMETROS ADOTADOS NAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Mediante as sondagens e os resultados dos ensaios de laboratório de amostras coletadas no maciço e fundação da barragem, a definição dos parâmetros de resistência para os materiais baseou-se nestes resultados além da experiência dos profissionais da

Baruk em materiais similares, buscando valores mais conservadores e próximos da realidade local. A Tabela 9. apresenta os parâmetros adotados nas análises numéricas.

Tabela 9.1 – Parâmetros de resistência dos materiais

Material	PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA		Triaxial (Tensões Efetivas)	
	Peso específico natural (K _n /m ³)	Peso específico saturado (K _n /m ³)	Coesão (Kpa)	Ângulo de atrito (f)
Solo arenoso	19	20	10	35
Solo arenoso médio	19	20	10	25
Silte arenoso com pedregulhos	19	20	10	35
Alteração de rocha arenosa com pedregulhos	19	20	10	35
Filtro de areia média	20	21	1	35
Enroncamento	19	20	1	40
Material natural	20	21	10	35

9.1.3 CRITÉRIOS E CONDIÇÕES DE CONTORNO

Para a Barragem Passa Cinco a norma NBR 13.028 (ABNT, 2017) preconiza os seguintes fatores de segurança mínimos (FS_{\min}) que devem ser considerados para análises de estabilidade, em termos de tensões efetivas (Tabela 9.).

Tabela 9.2 - Fatores de segurança mínimo para barragens

FASE	TALUDE	FS _{MIN}
Final de Construção	Montante e Jusante	1,3
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,5
Operação com rede de fluxo em condição extrema, nível máximo do reservatório	Jusante	1,3
Operação com rede de fluxo em condição normal	Jusante	1,5
	Entre Bermas	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Montante e Jusante	1,1

As situações de superfície freática, conforme a NBR 13.028 (ABNT, 2017), podem ser definidas como:

- Superfície freática normal: quanto o sistema de drenagem interna está operando corretamente;
- Superfície freática crítica: quando o sistema de drenagem interna não está operando corretamente.

As análises de percolação e de estabilidade foram realizadas com o emprego do software Slide 6.0, desenvolvido pela *Rocscience*. Nas análises de estabilidade adotou-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb e o método do equilíbrio limite de Bishop para os materiais da barragem e das fundações

Nas análises de estabilidade foram adotados os seguintes critérios:

- Ruptura global do tipo circular;
- Cálculo das poro-pressões (pressões neutras) através da superfície freática hipotética, segundo as condições de saturação estabelecidas; e
- Os materiais que compõem o perfil geológico-geotécnico dos taludes são isotrópicos e homogêneos.

9.1.4 SEÇÕES ANALISADAS

Para a avaliação geotécnica da Barragem Passa Cinco foi estuda a seção crítica da barragem:

- Maciço Principal - seção crítica de maior altura

9.1.5 RESULTADOS OBTIDOS

As figuras com os resultados obtidos nas análises numéricas finais de estabilidade para as seções geotécnicas estudadas em condições normais e condições críticas estão apresentadas a seguir. A Tabela 9. apresenta uma síntese de tais resultados.

Tabela 9.3 - Fatores de segurança obtidos

FASE	TALUDE	FS _{MIN}	FS _{OBTIDO}
			MACIÇO DA BARRAGEM
			SEÇÃO CRÍTICA
Final de Construção	Montante / Jusante	1,3	2,102/2,427
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,5	2,102
Operação com rede de fluxo em condição extrema, nível máximo do reservatório	Jusante	1,3	1,687
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Jusante	1,1	1,630

As análises de estabilidade realizadas para a seção crítica Barragem Passa Cinco mostraram que os **fatores de segurança obtidos estão acima do mínimo recomendado** pela norma técnica brasileira de barragens NBR 13028 (ABNT, 2017).

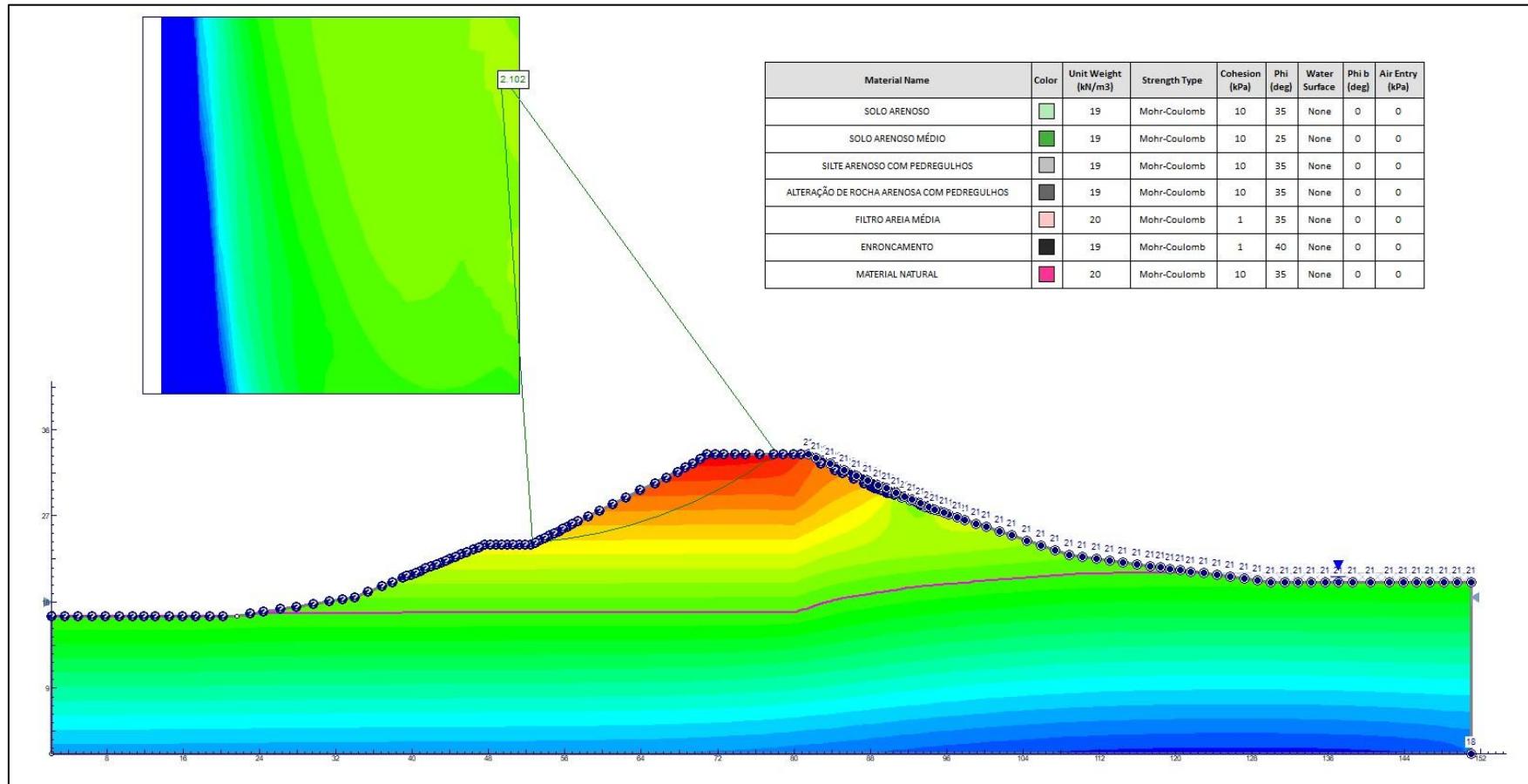


Figura 9.2 – Análise Estática – Condição Drenada – Final da Construção – Jusante – FS = 2,102.

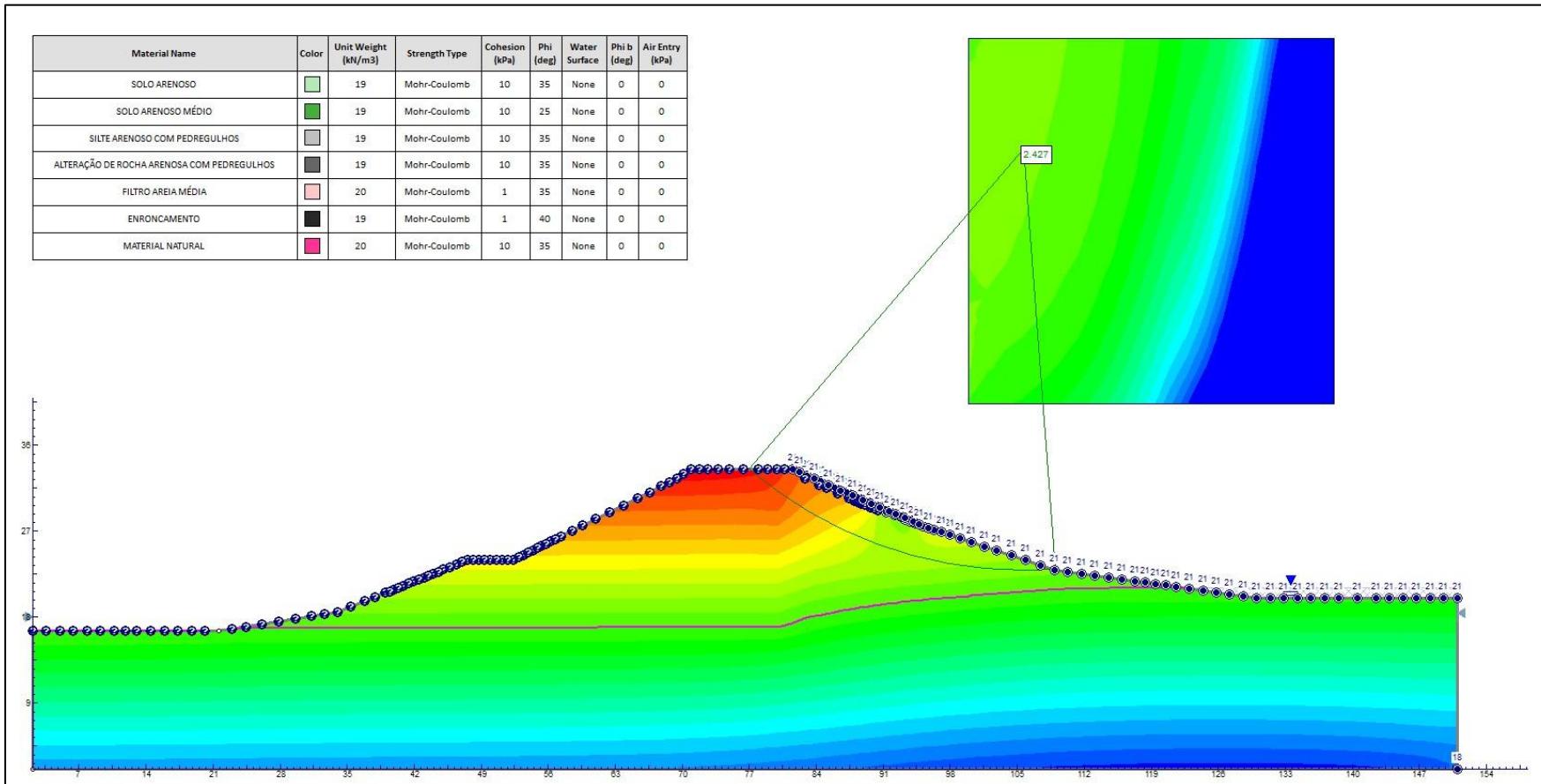


Figura 9.3 – Análise Estática – Condição Drenada – Final de Construção Montante – FS = 2,427.

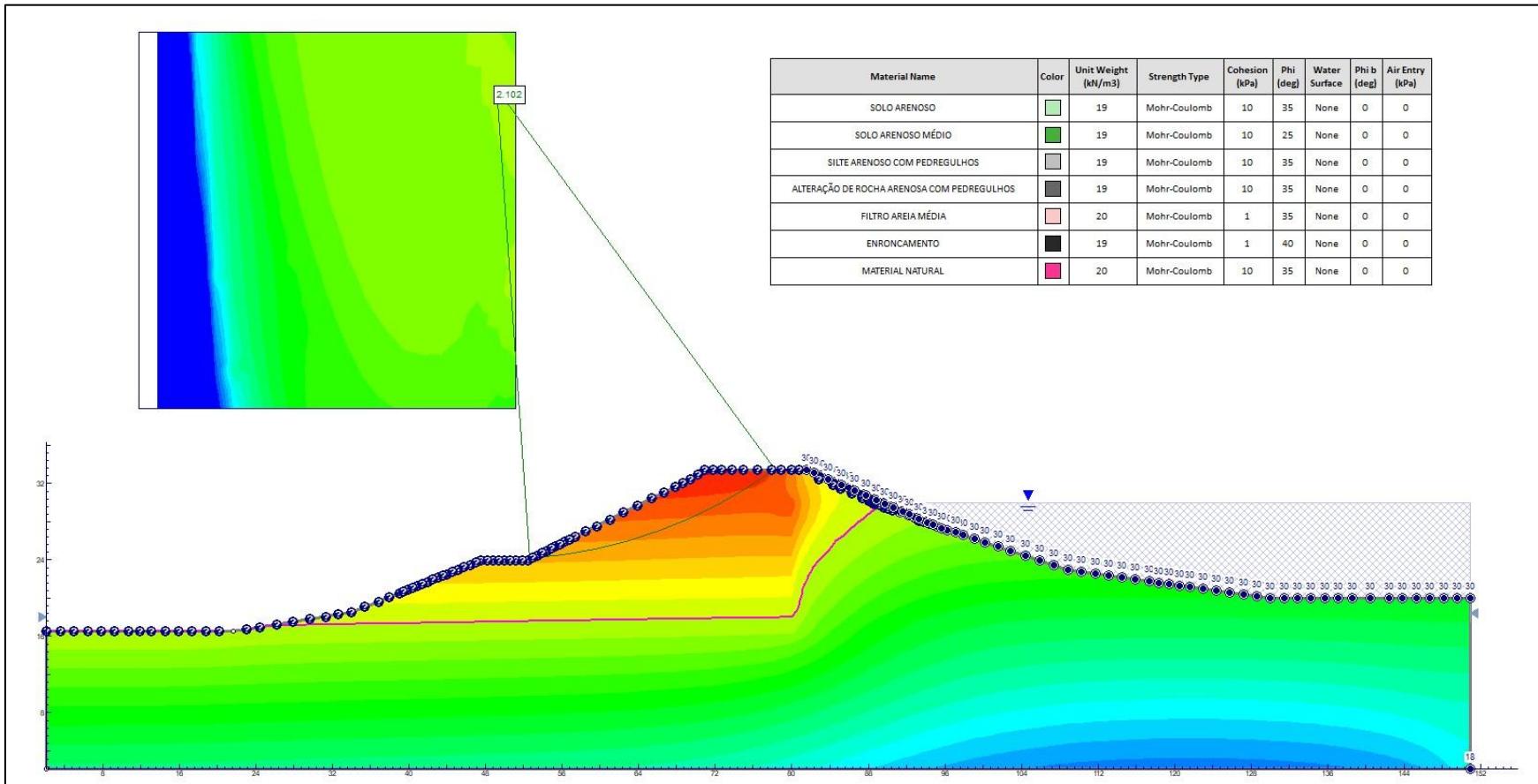


Figura 9.4 – Análise Estática – Condição Cheia – Operação Jusante – FS = 2,102.

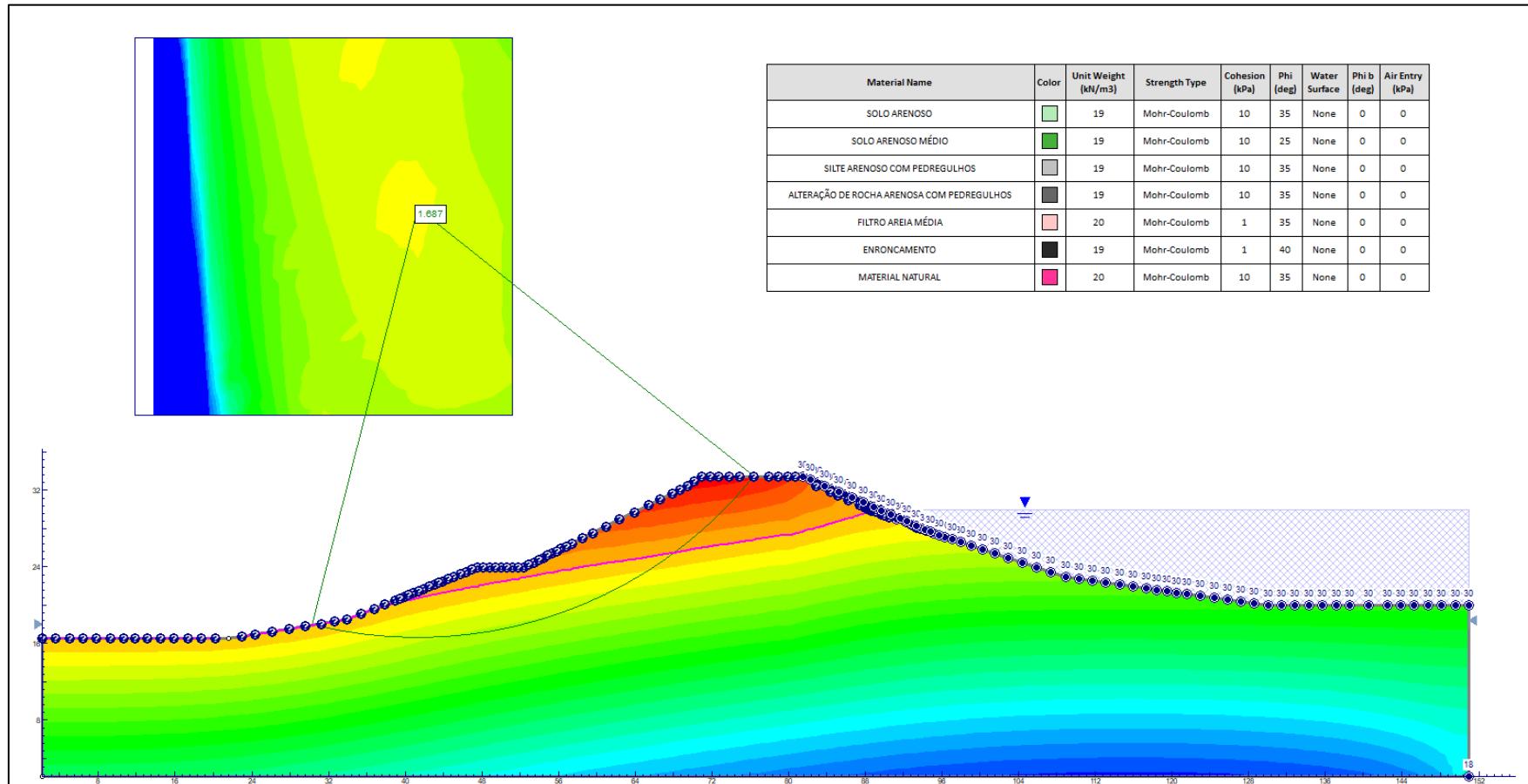


Figura 9.5 – Análise Estática – Condição Cheia – Crítica Jusante – FS = 1,687.

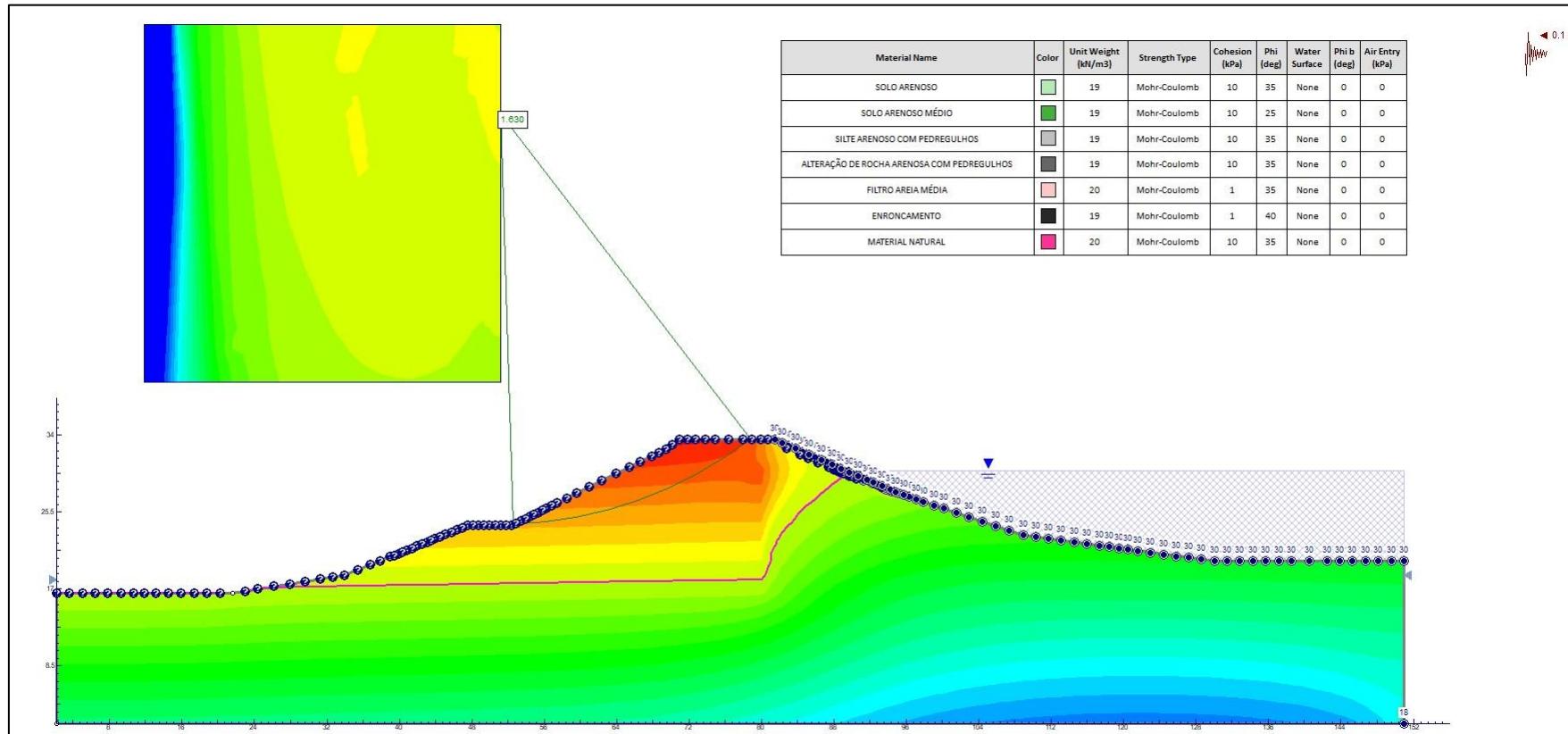


Figura 9.6 – Análise Estática – Condição Cheia – Sísmica Jusante – $F_{sS} = 1,630$.

As análises de estabilidade realizadas para a seção crítica da Barragem Passa Cinco mostraram que os fatores de segurança obtidos estão acima do mínimo recomendado pela norma técnica brasileira de barragens NBR 13028 (ABNT, 2017).

10 AUSCULTAÇÃO

Atualmente, a estrutura não consta com instrumentos de auscultação e não se vê necessidade da implantação de instrumentos, visto a pequena estatura do reservatório e boas condições observadas durante a inspeção de campo.

11 SEGURANÇA OPERACIONAL

A Barragem Passa Cinco possui planos de ação emergencial para auxílio em casa de necessidades, recomenda-se que os níveis do reservatório sejam verificados por meio de inspeções visuais periódicas e deverão ser feitos regularmente, atentando para o nível de operação da estrutura, além da verificação das condições dos taludes de jusante e montante, vertedouro e crista, além de manutenção rotineira.

12 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista os fatores de segurança obtidos, em relação aos valores mínimos sugeridos pela NBR 13.028/2017 e a partir do estado de conservação da barragem observado durante a inspeção de campo, pode-se concluir que as análises conduzidas representam bem a situação de campo e **atestam a estabilidade geotécnica da Barragem Passa Cinco.**

De acordo com as inspeções realizadas pela equipe técnica da Baruk, a análise dos documentos disponibilizados e avaliação dos estudos de estabilidade realizados, observou-se que a estrutura se encontra em condições adequadas de segurança.

Este relatório apresentou classificação completa da estrutura em relação a atualização do PDA, mas também a classificação em relação a Características Técnicas (CT), Estado de Conservação (EC) e Plano de Segurança da Barragem (PS) respectivamente.

13 ANEXOS

ANEXO I – DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM - IGAM

Barragem destinada à acumulação ou à disposição final ou temporária de barragem de água ou líquidos associados a processos industriais ou de mineração.

ANO-BASE: 2025

Semestre: Primeiro

Empreendimento: Barragem Passa Cinco – Ponte Nova/MG

Empreendedor: ENGX

CNPJ: 36.978.684/0001-48

Município/UF: Ponte Nova /MG

Nome da Barragem: Barragem Passa Cinco

Finalidade: Reservação de água

Categoria de Risco: Baixo

Potencial de Dano Ambiental: Alto

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto ao IGAM, que realizei auditoria técnica de segurança na estrutura acima especificada, conforme Relatório de Auditoria de Segurança elaborado em maio/2025.

Atesto a condição de estabilidade da barragem supracitada.

A mencionada estrutura, de acordo com a inspeção realizada em 05/05/2025 e análise dos documentos disponibilizados, encontra-se atualmente em condições adequadas de segurança física. As seções de análises apresentaram fatores de segurança superiores ao mínimo esperado para condições de nível de água atual, e demais cenários avaliados, atestando assim a estabilidade física do maciço.

Em Anexo, está apresentada uma cópia da Anotação de Responsabilidade Técnica do Relatório Técnico de Segurança de Barragem elaborado em 2025/1.

Ponte Nova, 22 de maio de 2025.

Dr. Adonai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

Romulo Ulysses Vieira Rodrigues
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 203.831/D

ANEXO II - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART



Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

ROMULO ULYSSES VIEIRA RODRIGUES

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1415378568**

Registro: **MG0000203831D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS/ ENGX**

CPF/CNPJ: **36.978.684/0001-48**

AVENIDA BERNARDES FILHO

Nº: **31**

Complemento:

Bairro: **LOURDES**

Cidade: **VIÇOSA**

UF: **MG**

CEP: **36572016**

Contrato: **001**

Celebrado em: **20/05/2025**

Valor: **R\$ 200,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RUA Avenida Antônio Constantino Trivellato

Nº: **s/n**

Complemento:

Bairro: **CENTRO**

Cidade: **PONTE NOVA**

UF: **MG**

CEP: **35430022**

Data de Início: **01/05/2025**

Previsão de término: **22/05/2025**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS/ ENGX**

CPF/CNPJ: **36.978.684/0001-48**

4. Atividade Técnica

14 - Elaboração

Quantidade

Unidade

66 - Laudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA

1,00

un

66 - Laudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.3 - DE TERRA-ENROCAMENTO

1,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

ART de Elaboração de LAUDO TÉCNICO, RELATÓRIO de INSPEÇÃO de SEGURANÇA REGULAR, BARRAGEM PASSA CINCO CO-AUTOR Adonai Gomes Fineza

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declararam concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpu/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

Declaro serem verdadeiras as informações acima

ROMULO ULYSSES VIEIRA RODRIGUES - CPF: **100.100.726-32**

, de _____ de _____

Local

data

ENGX SOLUÇÕES INTEGRADAS/ ENGX - CNPJ: **36.978.684/0001-48**

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 7y39d
Impresso em: 22/05/2025 às 14:54:52 por: , ip: 177.128.109.233





Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 103,03** Registrada em: **22/05/2025** Valor pago: **R\$ 103,02** Nossa Número: **8608269965**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 7y39d
Impresso em: 22/05/2025 às 14:54:53 por: , ip: 177.128.109.233



ANEXO III

RELATÓRIO: CT 0171 - REV 01 - 2025



PROSPECTOSOLOS

RELATÓRIO: CT 0171 - REV 01 - 2025 -

CLIENTE: Engx Soluções Integradas

OBRA / PROJETO: Projeto conceitual de reforço de barragem

LOCAL: Ponte Nova- MG

Revisão (Nº)	Descrição	Data	Elaboração	Verificação	Aprovação
00	Relat. Parcial	14/01/2025		E. Rezende	E. Rezende

 PROSPEC SOLOS	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS		
	Cliente: Engx Soluções Integradas		
	Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem	Revisão: 00	Página: 2

Á Alex Junio

E-mail: alex@engxsolucoes.com.br

Contato: 31 97575-2025

Prezado (s) Senhor (es),

Atendendo à solicitação de V. Sas. apresentamos no presente relatório, os resultados finais dos serviços em referência, para pronta informação e arquivo.

 PROSPEC SOLOS	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS Cliente: Engx Soluções Integradas Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem Revisão: 00 Página: 3		
---	---	--	--

Sumário

1.	APRESENTAÇÃO	4
2.	INTRODUÇÃO	4
3.	SERVIÇOS REALIZADOS	4
4.	MÉTODOS UTILIZADOS.....	5
4.1	Sondagem Rotativa (SR).....	5
4.2	Medidor de Nível de Água.....	5
4.3	Teste de Vida (Ensaio de Equalização ou Dissipação)	6
4.4	Piezômetro tipo Casagrande.....	8
5.	CONSERVAÇÃO DAS AMOSTRAS	9
6.	RESULTADOS.....	10
6.1	Croqui de Instalação INA 01.....	10
6.2	Croqui de Instalação INA 02.....	11
6.3	Croqui de Instalação Piezômetro 01.....	12
6.4	Croqui de Instalação Piezômetro 02.....	13
7.	REAPRESENTAÇÃO	14

 PROSPECSOLOS	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS		
	Cliente: Engx Soluções Integradas		
	Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem		Revisão: 00 Página: 4

1. APRESENTAÇÃO

A Prospecsolos é uma empresa atuante em geologia e serviços especiais de engenharia. Foi constituída em 1997 por profissionais que trabalham na área há mais de 30 anos. Atua em projetos e obras viárias, barragens, obras industriais e urbanas, portuárias, construção civil e mineração. Em 2017 ampliou suas atividades, passando a executar também os serviços de laboratório, incluindo ensaios simples e ensaios especiais. Tem como missão, prover aos clientes, serviços com eficiência, qualidade e segurança, respeitando em primeiro lugar a vida humana e o meio ambiente.

2. INTRODUÇÃO

O presente relatório consiste na apresentação dos resultados dos serviços de campo. Inicialmente, expõem-se a identificação das amostras e os serviços realizados correspondentes. Em seguida, apresentam-se os métodos utilizados em cada ensaio e finalmente, os resultados obtidos.

3. SERVIÇOS REALIZADOS

No quadro abaixo são apresentados os itens referentes aos quantitativos dos serviços realizados.

Quadro 1 – Quantificação dos serviços realizados.

Item Nº	Furo	Quantitativo programado (m)	Quantitativo realizado (m)
1	INA-01	10	10
2	INA-02	10	5
3	PZ-01	13	13
4	PZ-02	13	8
TOTAL			36

Quadro 1 – Quantificação dos serviços realizados de Sondagem Mista.

 PROSPEC SOLOS	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS Cliente: Engx Soluções Integradas Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem Revisão: 00 Página: 5		
---	--	--	--

4. MÉTODOS UTILIZADOS

Os métodos utilizados para a execução dos serviços, seguiram fielmente as normas brasileiras (NBR), nas situações em que estas encontram-se disponíveis. Os demais ensaios seguem as definições de ABGE e DNER.

4.1 Sondagem Rotativa (SR)

Para a sondagem rotativa, são atendidos os procedimentos, equipamentos e dispositivos conforme o procedimento DNER. PRO 102/97 e Manual de Sondagens ABGE.

A sondagem do tipo rotativa tem como objetivo permitir a identificação dos materiais em toda a extensão do furo por meio da recuperação integral dos testemunhos de sondagem.

A profundidade de cada SR (sondagem rotativa) é definida nos quadros de locação indicados em documentos específicos e o diâmetro de perfuração é o NW. Os testemunhos das SRs apresentam descrição geológico-geotécnica, conforme norma DNER PRO 102/97, além de registro fotográfico.

4.2 Medidor de Nível de Água

O medidor de nível de água é constituído por um tubo de PVC rígido com diâmetro Ø=1" (25 mm). Para sua instalação, o trecho perfurado contém furos de Ø=3 mm, dispostos seguindo 4 linhas longitudinais e espaçados 25 mm entre si e ser envolto por duas camadas de tela de nylon (# 60) perfeitamente ajustadas, presas e envoltas por fio de nylon. A parte inferior do tubo é vedada por um tampão com cola apropriada. No caso dos medidores de nível d'água o comprimento do trecho perfurado é variável, em função da profundidade dos furos e deve ser 2,0 m menor que o comprimento total do tubo de PVC, de modo que o trecho perfurado não tenha contato com a calda de cimento e bentonita que é executada na porção superior do instrumento. A parte inferior do tubo é vedada por um tampão com cola apropriada.

Inicialmente preenche o fundo do furo com areia (pré-filtro) em uma extensão de cerca de 0,75 m, que serve de base para assentar o tubo de PVC. Após a execução do pré-filtro, coloca-se o tubo e lança-se areia até a profundidade de 0,60 m abaixo da superfície do terreno. As características

 PROSPEC SOLOS	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS		
	Cliente: Engx Soluções Integradas		
	Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem	Revisão: 00	Página: 6

da areia utilizada como filtro e pré-filtro são as mesmas especificadas para a areia utilizada na instalação dos piezômetros.

Depois de completada a instalação dos medidores de nível d'água, estes passam por processo de limpeza através de circulação d'água, injetada sob baixa pressão (1m.c.a). A seguir, após aproximadamente 3 dias da instalação do instrumento, são realizados ensaios para determinação da curva de recuperação dos medidores de nível d'água. Estes ensaios são realizados preenchendo-se o tubo de leituras com água e medindo as variações do nível d'água no instrumento em intervalos de tempo de 30'', 1', 2', 5', 10', 15', 30', 1h, 2h, 4h, 6h, 8h, 12h, 24h e assim por diante, até a estabilização. Recomendamos que o ensaio de recuperação seja executado tanto nos instrumentos do programa complementar de instrumentação quanto nos medidores de nível d'água existentes.

4.3 Teste de Vida (Ensaio de Equalização ou Dissipação)

A realização da limpeza e teste dos instrumentos têm por objetivo garantir a confiabilidade das leituras, de modo que seja traduzido o real comportamento de cada estrutura. A execução do serviço pode ser descrita em quatro etapas, sendo elas o 1º teste de vida (1º ensaio de equalização), a limpeza, o 2º teste de vida (2º ensaio de equalização) e por último, a análise de funcionamento (tratamento dos dados, cálculo da equalização e coeficiente de permeabilidade). Estas etapas são descritas nos tópicos abaixo.

Os materiais e métodos empregados para a realização do ensaio são baseados na Teoria de Hvorslev, M.J – 1951 “*Time-lag and soil permeability in ground – water observations*”, com as seguintes indicações:

- Solo isotrópico com extensão infinita;
- Solo incompressível (não ocorrência de adensamento ou expansão);
- Água e tubos de leituras incompressíveis;
- Validade da lei de Darcy;
- Não ocorrência de variação do nível piezométrico do solo durante a aplicação dos excessos de carga ΔH nos ensaios.

A primeira etapa é executada de acordo com a seguinte sequência:

- a) Procedida a leitura do nível d'água e da profundidade de cada instrumento; registro dos dados;

 PROSPEC SOLOS	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS Cliente: Engx Soluções Integradas Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem Revisão: 00 Página: 7		
---	--	--	--

- b) No caso de instrumento seco, promove a saturação do solo em torno do bulbo drenante através da injeção de água por um período em torno de 10 minutos;
- c) A água que se utiliza no teste é de procedência limpa e isenta de partículas sólidas em suspensão. Se a água da estrutura estiver contaminada, não deve ser utilizada, devendo ser providenciado o transporte de água livre de impurezas para a realização deste serviço;
- d) Imediatamente após a colocação da sobrecarga, são executadas as leituras das profundidades do nível d'água no interior do tubo de leitura até a posição de equilíbrio, nos seguintes intervalos de tempo: 0, 30 segundos, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 15, 30 e 45 minutos, 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas, ou até que haja a dissipação da carga hidráulica;
- e) Considera-se o ensaio concluído quando o nível d'água atingir a posição de equilíbrio;

Observações:

- Caso o tempo do ensaio seja insuficiente para atingir o nível anterior, são prosseguidas as leituras com 12, 24 e 48 horas, ou até que a haja dissipação da carga;
- Nos piezômetros em que houver dissipação excessivamente rápida, efetuam-se leituras em intervalos menores dos que os indicados acima até atingirem o equilíbrio. Estes não têm necessidade de limpeza;
- A pressão utilizada para fazer a circulação de água não é excessiva para que não cause ruptura hidráulica.
- Os instrumentos somente podem ser testados se estiverem em nível constante, sem influência de testes realizados em instrumentos próximos.

Para a limpeza do equipamento, segue-se como definido abaixo:

- a) Injeção de desincrustante (*easy clean* ácido ou similar) nas células piezométricas através de mangueira, na proporção de 5% da quantidade de água dentro da tubulação do piezômetro ou medidor de NA. Agita-se com o auxílio de um vergalhão ou tubo de PVC de diâmetro inferior ao tubo do instrumento. O desincrustante fica em repouso pelo período necessário para a limpeza do instrumento;
- b) Expulsa-se a água existente no tubo de leitura e proximidades da célula;
- c) Repete-se a operação visando expulsar toda a água com partículas em suspensão até que saia água limpa;

 PROSPEC SOLOS	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS Cliente: Engx Soluções Integradas Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem Revisão: 00 Página: 8		
---	---	--	--

d) Registra-se a leitura final do nível piezométrico;

A pressão da água injetada para a limpeza é suficiente para a retirada dos materiais em suspensão durante a limpeza, tomando o cuidado de não remover areia do interior da célula. Essa medida tem por finalidade evitar o risco de ruptura hidráulica.

Após o fim da limpeza, aguarda-se que a água injetada se dissipe para o interior do solo. Caso não haja dissipação no período de 24 horas após a limpeza, a operação é repetida.

O segundo teste de vida tem como objetivo verificar a eficácia da limpeza ou desobstrução executadas, portanto é executado exatamente como no primeiro ensaio. Após o processo de limpeza e testes são executadas as análises de funcionamento, ou seja, busca de cadastro nos projetos existentes, tratamento dos dados, e cálculo da equalização e coeficiente de permeabilidade. Após o cálculo do coeficiente de permeabilidade, são plotados os gráficos dos ensaios de equalização para a representação matemática em forma de curva da dissipação hidráulica em função do tempo. O eixo y em escala logarítmica representa a razão $\Delta H / \Delta H_0$; e o eixo x, o tempo (em horas).

4.4 Piezômetro tipo Casagrande

O piezômetro tipo Casagrande deverá apresentar tubo de PVC rígido com diâmetro $\varnothing=1''$ ($\varnothing=25$ mm).

O trecho inferior do tubo piezométrico deverá ser perfurado com furos de $\varnothing=3$ mm de diâmetro, dispostos segundo 4 linhas longitudinais e espaçados 25 mm entre si. O comprimento do trecho perfurado deverá ser igual a 1,0 m. Todo o trecho perfurado deverá ser envolto por duas voltas de tela de nylon com abertura de malha # 60, envoltos por fio de nylon.

Toda emenda entre tubos piezométricos deverá ser devidamente impermeabilizada com fita de teflon ou cola apropriada, a fim de que seja garantida a sua estanqueidade sob a condição de pressão prevista.

O tubo piezométrico deverá ser vedado em sua parte inferior por um tampão (cap).

Instalação

Inicialmente, deve-se preencher o fundo do furo com areia (pré-filtro) em uma extensão de cerca de 0,75 m, que servirá de base para assentar o bulbo do piezômetro. Após a execução do pré-

 PROSPEC SOLOS	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS Cliente: Engx Soluções Integradas Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem Revisão: 00 Página: 9		
---	--	--	--

filtro, colocar o tubo piezométrico e lançar areia, de maneira a envolver o trecho perfurado (1,0 m) e mais 0,50 m acima dele.

Para o pré-filtro, deverá ser utilizada areia, lavada, com partículas passando na peneira 3/8 polegadas (9,5mm) e retidas na peneira nº 40 (0,42mm). Esta areia deverá ter permeabilidade igual ou superior ao trecho do maciço adjacente.

Acima do pré-filtro, deverá ser feito um selo impermeável de 0,50 m, constituído por bentonita granulada ou em forma de pequenas bolas, que deverá ser lançada no furo de forma controlada e em poucas quantidades por vez, a fim de se evitar que durante a descida os grãos se hidratem em grupos permitindo que espaços vazios sejam mantidos. Tais vazios prejudicariam a formação do selo do bulbo piezométrico possibilitando a comunicação entre o trecho drenante e a camada superior de preenchimento do furo.

O espaço restante do furo, entre o selo impermeável e a sua extremidade superior poderá ser preenchido com argila plástica, argamassa de bentonita e argila na relação 1:8 em volume.

Depois de completada a instalação dos piezômetros, estes deverão passar por processo de limpeza através de circulação d'água, injetada sob baixa pressão (1m.c.a).

A seguir, após aproximadamente 3 dias da instalação do instrumento, deverão ser realizados ensaios para determinação da curva de recuperação dos piezômetros. Estes ensaios deverão ser realizados preenchendo-se o tubo piezométrico com água e medindo as variações do nível d'água no instrumento em intervalos de tempo de 30'', 1', 2', 5', 10', 15', 30', 1h, 2h, 4h, 6h, 8h, 12h, 24h e assim por diante, até a estabilização. Recomendamos que o ensaio de recuperação seja executado tanto nos instrumentos do programa complementar de instrumentação quanto nos piezômetros existentes.

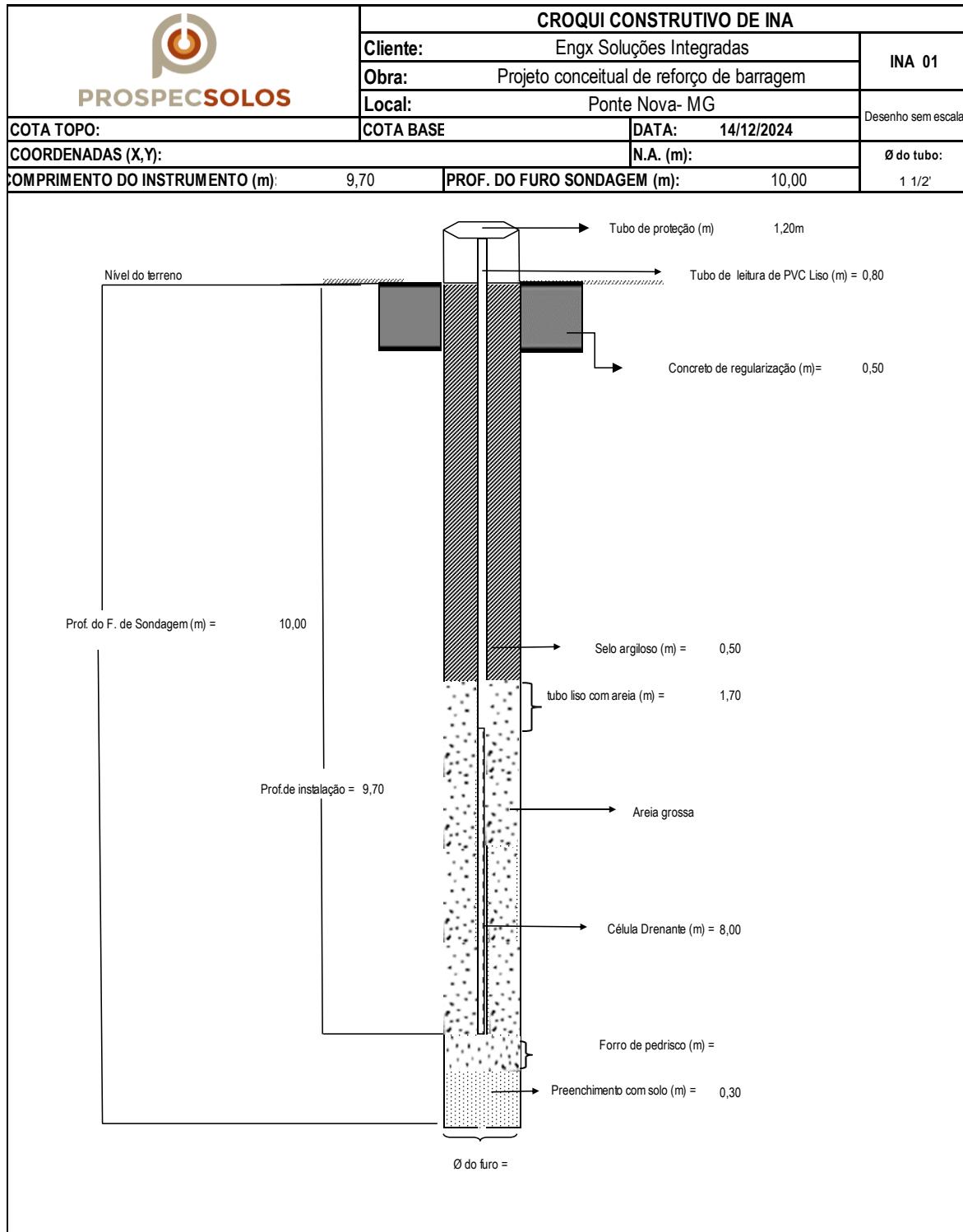
5. CONSERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

Após o recebimento das amostras no laboratório, essas são mantidas em local adequado e com a devida identificação, de forma a preservar suas configurações, assim como retiradas em campo. Após a classificação dos testemunhos de sondagens, descrição das amostras, e entrega do relatório, as amostras e testemunhos serão mantidas por um prazo MÁXIMO de 60 (sessenta) dias. Caso o cliente queira mantê-los, tal comunicado deve ser feito IMPRETERÍVELMENTE durante esse prazo. Não havendo manifestação do cliente, as amostras e testemunhos de sondagem serão descartados no 31º (trigésimo primeiro) dia após a entrega do relatório.

 PROSPEC SOLOS	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS		
Cliente: Engx Soluções Integradas			
Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem		Revisão: 00	Página: 10

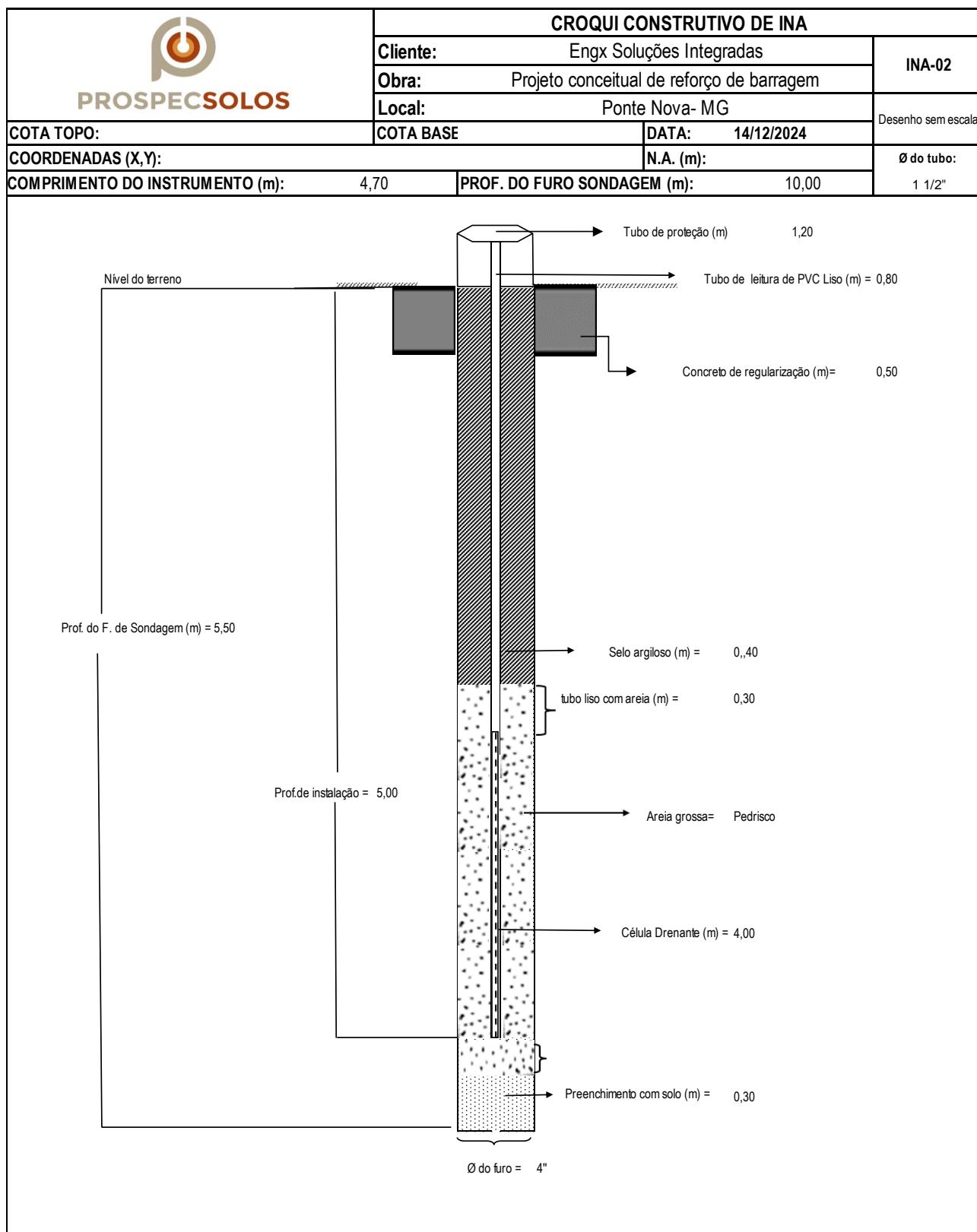
6. RESULTADOS

6.1 Croqui de Instalação INA 01



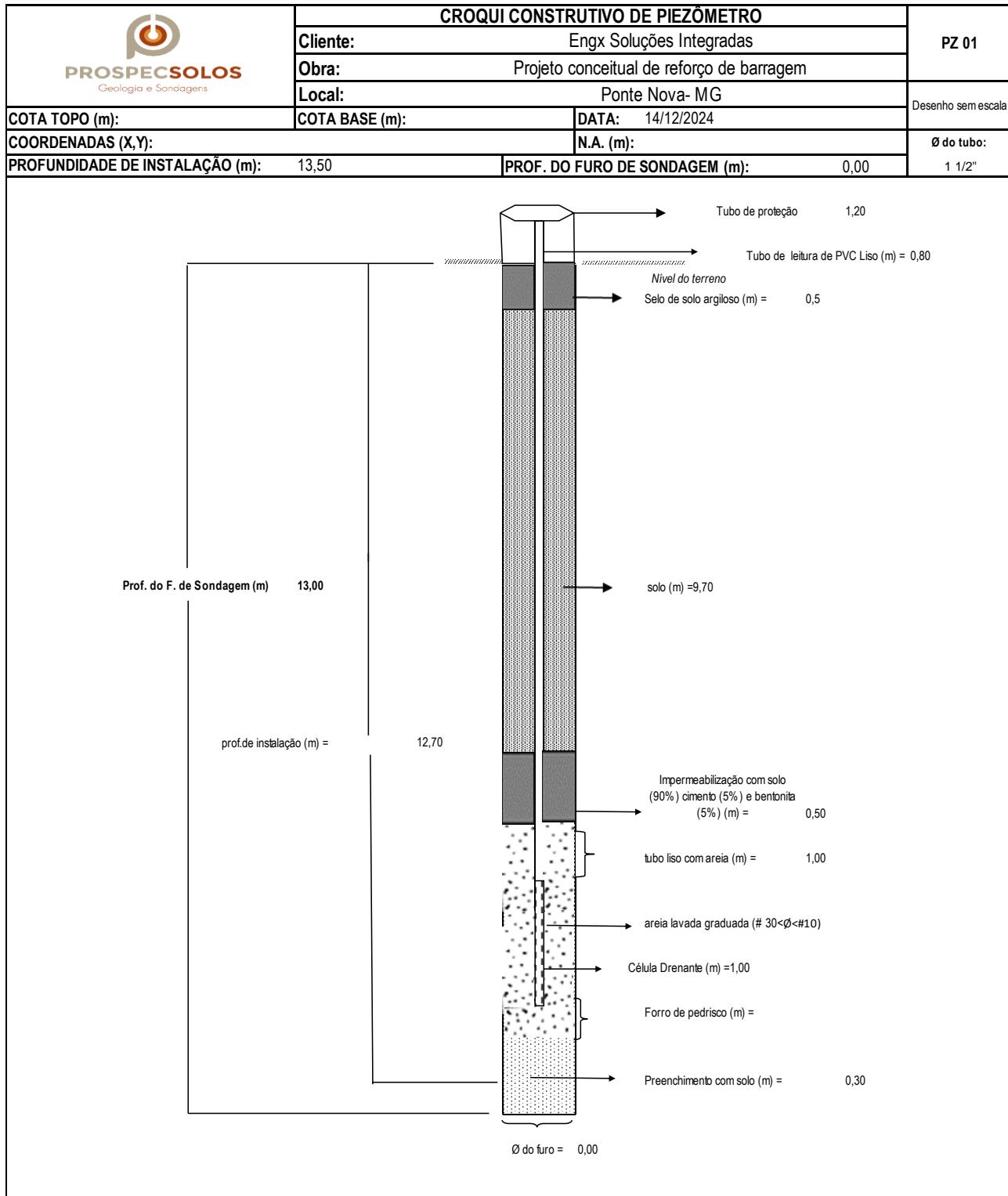
 PROSPECSOLOS	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS		
	Cliente: Engx Soluções Integradas		
	Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem	Revisão: 00	Página: 11

6.2 Croqui de Instalação INA 02



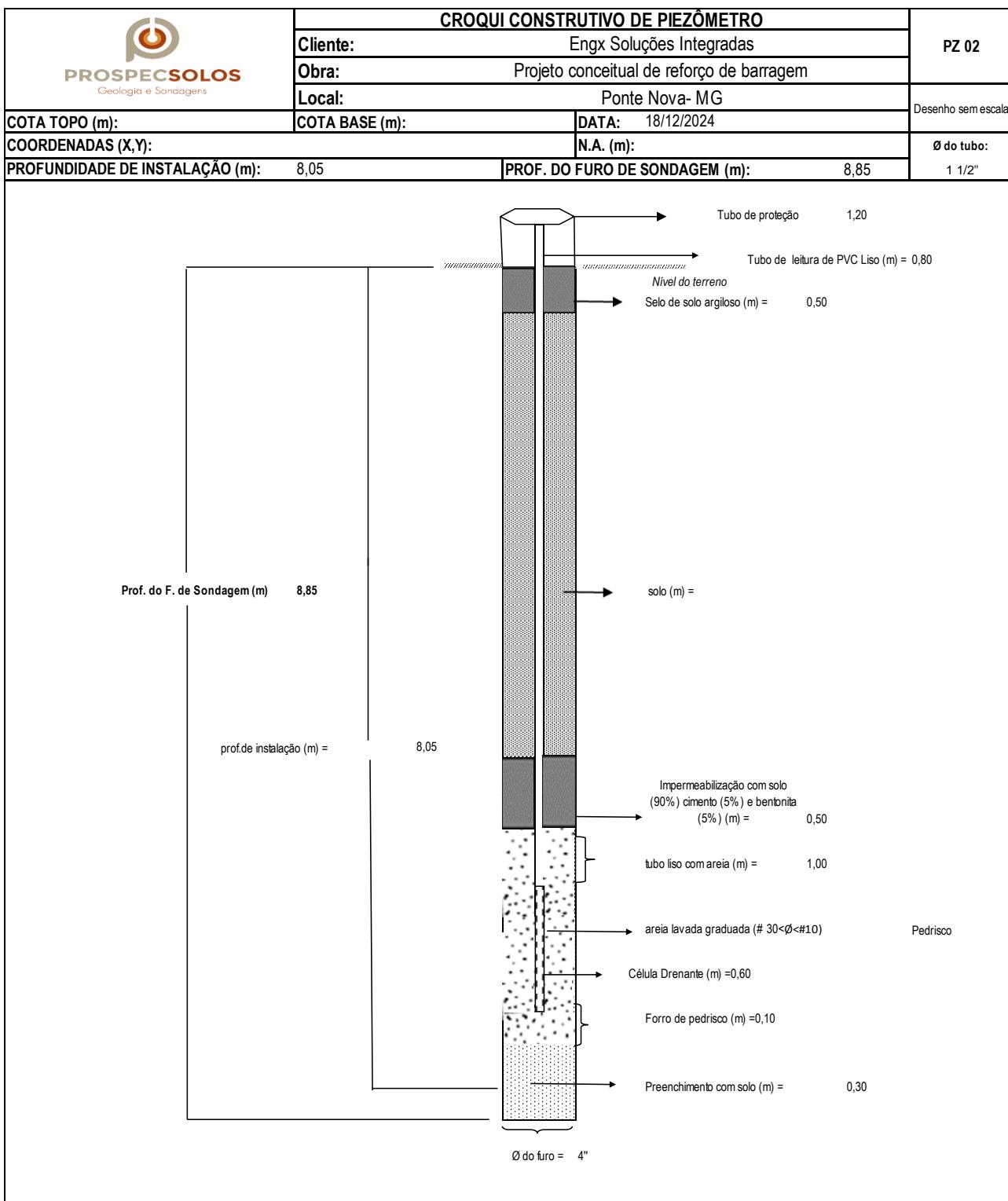
 PROSPECSOLOS <i>Geologia e Sondagens</i>	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS Cliente: Engx Soluções Integradas Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem Revisão: 00 Página: 12		
Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem			

6.3 Croqui de Instalação Piezômetro 01



 PROSPECSOLOS <i>Geologia e Sondagens</i>	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS		
	Cliente: Engx Soluções Integradas		
	Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem	Revisão: 00	Página: 13

6.4 Croqui de Instalação Piezômetro 02



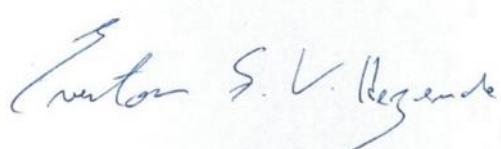
 PROSPECSOLOS	Relatório: PPS - RT - CAM - 063 - REV 00 - 2025 - ENGEX - SONDAGENS		
	Cliente: Engx Soluções Integradas		
	Projeto: Projeto conceitual de reforço de barragem	Revisão: 00	Página: 14

7. REAPRESENTAÇÃO

Colocamo-nos à inteira disposição de V.Sas, para possíveis esclarecimentos.

Nova Lima, 14 de Janeiro de 2025

Atenciosamente,



PROSPECSOLOS
Everton F. V. Rezende
CREA-MG 216981/D

ANEXO IV

RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA DO SUBSOLO 086 S1 0325



RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA DO SUBSOLO 086 S1 0325

CLIENTE: ENG X

LOCAL: PONTE NOVA - MG

OBRA: INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Viçosa, 07 de Abril de 2025.

A ENGX

Att. Eng André

Local: Ponte Nova -MG

Prezados (as) Senhores (as).

Servimo-nos do presente para apresentar-lhes os resultados da prospecção geológico-geotécnica do subsolo realizada para a obra em foco.

A administração dos serviços abaixo é executada pela Empresa Geopontuall Engenharia Ltda.

1. LOCAL:

O ensaio foi executado em um terreno localizado na cidade de Ponte Nova - MG.

2. METODOLOGIA:

Processo de execução de sondagens de simples reconhecimento do subsolo de acordo com as recomendações da **NBR – 6484/2020**, da **ABNT** e uso do amostrador padronizado “**RAYMOND**” ou **S.P.T.**

3. QUANTIDADE DE FUROS EXECUTADOS:

Para a determinação das características geológico-geotécnicas do subsolo foram executados 04 (quatro) ensaios, **designados por SPT-01 a SPT-04**.

4. CARACTERÍSTICAS DA SONDAZEM À PERCUSSÃO:

4.1. **Método de Execução:** No desenvolvimento da sondagem à percussão podem se distinguir três etapas básicas: perfuração, medição de resistência à penetração e amostragem.

- a) **Perfuração:** A técnica de perfuração, a fim de possibilitar a medição da resistência à penetração, é feita observando-se a presença do nível do lençol freático.
 - Perfuração acima do nível d'água – executada com trado;
 - Perfuração abaixo do nível d'água – executada com a lavagem por circulação de água com o auxílio do trépano. Sendo também usada quando o trado ficar inoperante.
- b) **Amostragem:** A retirada de amostras do subsolo, tipo deformada pode ser feita durante a perfuração, através do trado, da lavagem com circulação de água, ou quando da medição da resistência à penetração pelo amostrador padronizado **S.P.T.**
- c) **Medição da Resistência à Penetração:** A resistência à penetração é representada pelo índice de resistência à penetração, **N (S.P.T)**, que é a soma do número de golpes de um martelo com peso de 65 kgf, caindo em queda livre de uma altura de 75 cm, necessários à penetração dos 30 cm finais do amostrador padronizado **S.P.T.**

4.2. Generalidades:

- a) A classificação do material é feita por método táctil-visual (NBR 7250/82).
- b) Amostrador padronizado “**RAYMOND**” ou **S.P.T.** de diâmetro externo de 50,80 mm e diâmetro interno de 34,90 mm
- c) Haste de aço para avanço: diâmetro interno de 25,00 mm e peso de 30 kgf/ml.
- d) Tubo de revestimento com diâmetro interno de 66,50 mm

5. ANEXOS:

- Observações técnicas sobre o nível d’água determinado nas sondagens;
- Relatório individual dos furos de sondagem mostrando: as seqüências dos tipos de solo, os níveis subterrâneos e os valores dos índices de resistência à penetração;
- Registro Fotográfico

Cordialmente,



Marcelo Soares Minette
Engenheiro Civil CREA: 190631D/MG
Diretor Técnico – Geopontuall Engenharia Ltda.

ANEXO 1 – OBSERVAÇÕES TÉCNICAS SOBRE O NÍVEL D’ÁGUA DETERMINADO NAS SONDAZENS

**Laboratório de Geotecnia
Geopontuall Engenharia Ltda.**

- 1- A posição do nível d'água relacionada em cada relatório é determinada 24 horas, no mínimo, após o término de cada sondagem, sendo medida a partir da cota da “boca do furo”. É importante a sua verificação do lençol sob pressão (não-freático) ou artesiano, bem como a variação de suas cotas no período entre a execução das sondagens e a execução das fundações das obras;
- 2- A diferença entre as cotas encontradas para o “N.A.” nas sondagens ou mesmo a não ocorrência deste, e sua posterior posição à época da execução das fundações das obras, pode ser devida a alguns fatores, a saber:

2.1- Dimensão dos furos de sondagens: o pequeno diâmetro destes furos pode implicar em dificuldade de drenagem, não permitindo a estabilização do lençol d'água, o que torna as leituras após 24 horas, como não reais para o local investigado;

2.2- Condições específicas do subsolo do maciço local: em subsolos muito argilosos, de baixa permeabilidade, a drenagem é difícil, podendo até mesmo deixar locais em condições impermeáveis, principalmente se for empregada argila bentonita para a estabilização das paredes dos furos. Se houver a ocorrência de camadas arenosas ao longo das paredes do furo, variações imprevistas do lenço d'água poderão ocorrer. Inclusive, diferenças localizadas de cotas de níveis de água podem ser explicadas por estas condições do subsolo local.

2.3- Condições topográficas: Em locais topograficamente acidentados, deve-se controlar mais cuidadosamente a posição do nível d'água, considerando-se que condições particulares de drenagem, obras na circunvizinhança e a instalação de poços de bombeamento de água na região podem modificar grandemente as condições verificadas durante a investigação do subsolo.

2.4- Variações sazonais: de acordo com as estações do ano, o nível d'água pode variar grandemente, apresentando-se mais próximo da superfície em épocas chuvosas, do que em épocas de menor precipitação pluviométrica. Aconselha-se, por conseguinte, a verificação do “N.A.” na data de execução da fundação das obras.

3- Recomendações:

Consubstanciado nas observações citadas, além das que influem na escolha do tipo de fundação e nas “pressões ou taxas admissíveis do subsolo”, citam a seguir algumas recomendações que podem ajudar nas decisões de ordem geotécnica, como por exemplo:

3.1 – Todos os furos são paralisados após 30 minutos de lavagem na cota final do furo, indicando desta forma, a impossibilidade de prosseguir a perfuração a partir de tal cota, provavelmente pela existência de um topo rochoso ou devido à elevada resistência à penetração do amostrador, apresentada pelo solo, conforme estabelecido em norma;

3.2 – O nível d’água está indicado individualmente no boletim;

Anexo – Localização dos ensaios

Figura 1- Localização dos ensaios



Anexo - Registro Fotográfico

Fotografia 1- SPT-01



Fotografia 2- SPT-02



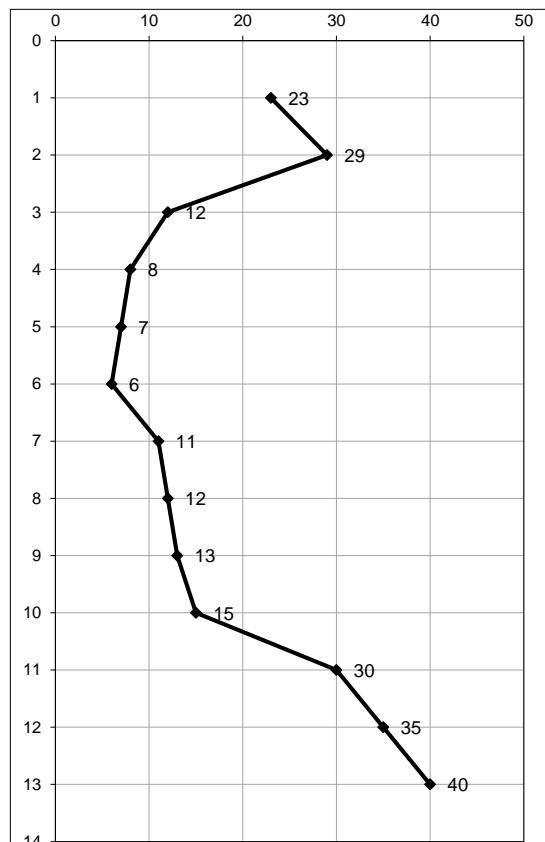
Fotografia 3- SPT-03



Fotografia 4- SPT-04



REVESTIMENTO..... Ø = 2 1/2"							SONDAGEM	ENSAIO Nº	COTA (m)	
AMOSTRADOR..... Øext= 2"							SPT 01	01	0,00	
PESO..... 65 kg							RELATÓRIO N°	086 S1 0325		
ALTURA DE QUEDA..... 75 cm							FOLHA :	01 / 04	OPERADOR ANTÔNIO	
CLIENTE: ENGX OBRA: INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LOCAL: PONTE NOVA-MG INÍCIO: 31/03/25 FINAL: 01/04/25							PROFOUNDIDADE FINAL DO NÍVEL D'ÁGUA :	-		
							PROFOUNDIDADE DO REVESTIMENTO :	8,00		
							PROFOUNDIDADE TOTAL :	13,45		
AVANÇO	AMOSTRA	GOLPES		RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N (SPT)		
		15	30					45	FIN.	
TH	1R	10	11	12	23	1	ATERRO ARENOSO, COR VARIEGADA			
TH	2R	13	14	15	29	2				
TH	3R	7	6	6	12	3				
TH	4R	6	4	4	8	4				
TH	5R	4	4	3	7	5				
TH	6R	4	3	3	6	6				
TH	7R	5	5	6	11	7				
TH	8R	5	6	6	12	8				
TH	9R	6	6	7	13	9				
CA	10R	7	7	8	15	10				
CA	11R	14	15	15	30	11				
CA	12R	16	17	18	35	12				
CA	13R	19	20	20	40	13				
					EXECUÇÃO DE 3 TENTATIVAS DE 10 MINUTOS DE AVANÇO COM O TRÉPANO DE LAVAGEM 1º 10 min: 1cm 2º 10 min: 1cm 3º 10 min: 0cm					
NOTAS : 01) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL 02) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA 03) R= AMOSTRA RECUPERADA 04) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM							OBS :			
DESENHO : MARCELO MINETTE							RESP. TÉCNICO :	MARCELO SOARES MINETTE		
							CREA :	190631-D/MG		



REVESTIMENTO..... Ø = 2 1/2"							SONDAGEM	ENSAIO Nº	COTA (m)	
AMOSTRADOR..... Øext= 2"							SPT 02	02	0,00	
PESO..... 65 kg							RELATÓRIO N°	086 S1 0325		
ALTURA DE QUEDA..... 75 cm							FOLHA :	02 / 04	OPERADOR ANTÔNIO	
CLIENTE: ENGX OBRA: INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LOCAL: PONTE NOVA-MG INÍCIO: 01/04/25 FINAL: 01/04/25							PROFOUNDIDADE FINAL DO NÍVEL D'ÁGUA :	-		
							PROFOUNDIDADE DO REVESTIMENTO :	8,00		
							PROFOUNDIDADE TOTAL :	12,45		
AVANÇO	AMOSTRA	GOLPES		RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N (SPT)		
		15	30					45	FIN.	
TH	1R	11	10	10	20	1	-			
TH	2R	10	9	9	18	2				
TH	3R	8	8	7	15	3				
TH	4R	7	8	8	16	4				
TH	5R	8	7	7	14	5				
TH	6R	7	7	6	13	6				
TH	7R	8	8	9	17	7				
TH	8R	8	9	9	18	8				
TH	9R	9	10	10	20	9				
CA	10R	13	14	15	29	10				
CA	11R	15	18	18	36	11				
CA	12R	18	19	21	40	12				
EXECUÇÃO DE 3 TENTATIVAS DE 10 MINUTOS DE AVANÇO COM O TRÉPANO DE LAVAGEM 1º 10 min: 3cm 2º 10 min: 2cm 3º 10 min: 1cm							OBS :			
NOTAS : 01) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL 02) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA 03) R= AMOSTRA RECUPERADA 04) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM							RESP. TÉCNICO :	MARCELO SOARES MINETTE		
DESENHO : MARCELO MINETTE							CREA :	190631-D/MG		

REVESTIMENTO..... Ø = 2 1/2"							SONDAGEM ENSAIO Nº COTA (m)			
AMOSTRADOR..... Øext= 2"							SPT 03 03 0,00			
PESO..... 65 kg							RELATÓRIO N° 086 S1 0325			
ALTURA DE QUEDA..... 75 cm							FOLHA : 03 / 04 OPERADOR ANTÔNIO			
CLIENTE: ENGX OBRA: INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LOCAL: PONTE NOVA-MG INÍCIO: 02/04/25 FINAL: 02/04/25							PROFOUNDIDADE FINAL DO NÍVEL D'ÁGUA : - PROFOUNDIDADE DO REVESTIMENTO : 2,00 PROFOUNDIDADE TOTAL : 5,45			
AVANÇO	AMOSTRA	GOLPES		RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N (SPT)		
								15	30	45
TH	1R	3	4	4	8	1	-			
TH	2R	5	4	6	10	2				
TH	3R	6	6	7	13	3				
TH	4R	6	7	7	14	4				
TH	5R	50	50	50	100	5				
					EXECUÇÃO DE 3 TENTATIVAS DE 10 MINUTOS DE AVANÇO COM O TRÉPANO DE LAVAGEM 1º 10 min: 2cm 2º 10 min: 2cm 3º 10 min: 0cm					
NOTAS : 01) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL 02) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA 03) R= AMOSTRA RECUPERADA 04) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM							OBS :			
DESENHO : MARCELO MINETTE							RESP. TÉCNICO : MARCELO SOARES MINETTE CREA : 190631-D/MG			

Geopontuall

Rua Araponga, nº 100, Santo Antônio, Viçosa-MG



SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO (SPT)

REVESTIMENTO.....							$\varnothing =$	2 1/2"	SONDAGEM	ENSAIO Nº	COTA (m)
AMOSTRADOR.....							$\varnothing_{ext} =$	2"	SPT 04	04	0,00
PESO.....							65 kg		RELATÓRIO Nº	086 S1 0325	
ALTURA DE QUEDA.....							75 cm		FOLHA :	04 / 04	OPERADOR
CLIENTE: ENGX OBRA: INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LOCAL: PONTE NOVA-MG INÍCIO: 02/04/25							FINAL: 02/04/25		ANTÔNIO		
AVANÇO	AMOSTRA	GOLPES		RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO CONVENÇÕES	COTAS P/ BOCA DO FURO	N.A. (m)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N (SPT)			
								15	30	45	FIN.
TH	1R	5	5	6	11	1	-	ATERRO ARGILHO ARENOSO MICÁCEO, COR VERMELHA			
TH	2R	5	6	6	12	2		AREIA MÉDIA , COR VARIEGADA			
TH	3R	6	7	7	14	3		ALTERAÇÃO DE ROCHA ARENOSA COM PEDREGULHOS, COR CINZA VARIEGADA			
TH	4R	7	7	8	15	4					
TH	5R	40	40	40	80	5					
					EXECUÇÃO DE 3 TENTATIVAS DE 10 MINUTOS DE AVANÇO COM O TRÉPANO DE LAVAGEM 1º 10 min: 2cm 2º 10 min: 2cm 3º 10 min: 1cm						
NOTAS : 01) TC = TRADO CONCHA TH = TRADO HELICOIDAL 02) CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA 03) R= AMOSTRA RECUPERADA 04) L= AMOSTRA RECUPERADA POR LAVAGEM											
DESENHO :							OBS :				
							RESP. TÉCNICO :	MARCELO SOARES MINETTE			
MARCELO MINETTE							CREA :	190631-D/MG			

ANEXO V

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA



DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO			ATERRO: CONTROLADO					
CAMADA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FURO	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AFASTAMENTO	EIXO	BD	BE	EIXO	BE	BD	EIXO	BE	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7010	7002	7006	7126	7090	7054	7000	6960	7008
PESO DO FRASCO DEPOIS	2594	2516	2579	3020	2911	3668	3436	3399	3109
PESO DA AREIA DESLOCADA	4416	4486	4427	4106	4179	3386	3564	3561	3899
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	3796	3866	3807	3486	3559	2766	2944	2941	3279
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,791	2,843	2,799	2,563	2,617	2,034	2,165	2,163	2,411
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	28,0	27,8	26,9	28,0	28,5	29,0	29,5	29,5	27,5
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	4960	4996	4899	4555	4600	3632	3850	3840	4198
DENSIDADE ÚMIDA	3875	3909	3861	3559	3580	2816	2973	2965	3293
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1388	1375	1379	1388	1368	1384	1373	1371	1366
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	99,8	98,9	99,1	99,8	98,3	99,5	98,7	98,6	98,2
DESVIO DE UMIDADE	-1,0	-1,2	-2,1	-1,0	-0,5	0,0	0,5	0,5	-1,5
PROFOUNDIDADE DO FURO	21	22	21	23	23	19	18	17	21
DATA	24/08/24	24/08/24	24/08/24	26/08/24	26/08/24	27/08/24	27/08/24	27/04/24	29/08/24
Observações								Engenheiro Responsável	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA



DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO			ATERRO: CONTROLADO					
CAMADA	10	11	11	11	12	12	13	14	14
FURO	1	1	2	3	1	2	1	1	2
AFASTAMENTO	BE	EIXO	BE	BD	BE	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7003	7000	7000	7001	7007	7010	7014	7022	7018
PESO DO FRASCO DEPOIS	3349	4022	4116	2887	2998	3300	3632	3436	3483
PESO DA AREIA DESLOCADA	3654	2978	2884	4114	4009	3710	3382	3586	3535
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	3034	2358	2264	3494	3389	3090	2762	2966	2915
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,231	1,734	1,665	2,569	2,492	2,272	2,031	2,181	2,143
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	30,0	27,5	27,5	28,0	28,5	28,5	30,0	31,0	31,0
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	4054	2986	2936	4498	4391	3992	3692	3934	3891
DENSIDADE ÚMIDA	3118	2342	2303	3514	3417	3107	2840	3003	2970
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1398	1351	1383	1368	1371	1367	1398	1377	1386
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,5	97,1	99,4	98,3	98,6	98,3	100,5	99,0	99,6
DESVIO DE UMIDADE	1,0	-1,5	-1,5	-1,0	-0,5	-0,5	1,0	2,0	2,0
PROFOUNDIDADE DO FURO	22	19	18	25	21	19	17	19	21
DATA	29/08/24	30/08/24	30/08/24	30/08/24	02/09/24	02/09/24	03/09/24	03/09/24	03/09/24
Observações								Engenheiro Responsável	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA



DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO			ATERRO: CONTROLADO					
CAMADA	15	16	17	18	19	20	21	22	23
FURO	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AFASTAMENTO	EIXO	BD	BE	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7002	7016	7004	7064	7002	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3477	3790	3790	3634	3642	3981	3844	3788	3855
PESO DA AREIA DESLOCADA	3525	3226	3214	3430	3360	3019	3156	3212	3145
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2905	2606	2594	2810	2740	2399	2536	2592	2525
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,136	1,916	1,907	2,066	2,015	1,764	1,865	1,906	1,857
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	26,5	31,0	31,0	27,0	30,0	28,5	29,2	29,9	31,0
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3752	3508	3494	3588	3594	3158	3347	3421	3411
DENSIDADE ÚMIDA	2966	2678	2667	2825	2765	2458	2592	2635	2604
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1389	1398	1398	1367	1372	1393	1390	1382	1402
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	99,8	100,5	100,5	98,3	98,6	100,2	99,9	99,4	100,8
DESVIO DE UMIDADE	-2,5	2,0	2,0	-2,0	1,0	-0,5	0,1	0,9	2,0
PROFOUNDIDADE DO FURO	18	16	16	19	21	19	17	19	21
DATA	04/09/24	05/09/24	05/09/24	06/09/24	07/09/24	09/09/24	09/09/24	10/09/24	10/09/24
Observações								Engenheiro Responsável	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA



**DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA**

TRECHO	OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO			ATERRO: CONTROLADO					
CAMADA	24	25	26	27	27	28	28	29	30
FURO	1	1	1	1	2	1	2	1	1
AFASTAMENTO	EIXO	BD	BE	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3387	3752	3722	3434	3542	3901	3244	3388	3745
PESO DA AREIA DESLOCADA	3613	3248	3278	3566	3458	3099	3756	3612	3255
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2993	2628	2658	2946	2838	2479	3136	2992	2635
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,201	1,932	1,954	2,166	2,087	1,823	2,306	2,200	1,938
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	27,8	31,2	31,7	29,4	29,8	28,5	29,2	29,9	31,0
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3889	3528	3594	3888	3794	3288	4117	4011	3561
DENSIDADE ÚMIDA	3043	2689	2729	3004	2923	2559	3188	3089	2718
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1383	1392	1396	1387	1401	1404	1382	1404	1403
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	99,4	100,0	100,4	99,7	100,7	100,9	99,4	100,9	100,9
DESVIO DE UMIDADE	-1,2	2,2	2,7	0,4	0,8	-0,5	0,1	0,9	2,0
PROFOUNDIDADE DO FURO	18	16	16	19	21	19	17	19	21
DATA	11/09/24	11/09/24	11/09/24	12/09/24	12/09/24	12/06/24	13/09/24	13/09/24	13/09/24
Observações							Engenheiro Responsável		
							Alex Junio Alves CREA 248321		

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA



DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO			ATERRO: CONTROLADO					
CAMADA	31	32	33	33	33	34	35	35	36
FURO	1	1	1	2	3	1	1	2	1
AFASTAMENTO	EIXO	BD	BE	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3384	3189	3480	3854	3921	3800	3924	3487	3711
PESO DA AREIA DESLOCADA	3616	3811	3520	3146	3079	3200	3076	3513	3289
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2996	3191	2900	2526	2459	2580	2456	2893	2669
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,203	2,346	2,132	1,857	1,808	1,897	1,806	2,127	1,963
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	28,1	29,1	29,6	30,1	30,0	30,0	29,2	30,0	29,4
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3942	4208	3852	3368	3266	3158	3247	3839	3551
DENSIDADE ÚMIDA	3077	3259	2973	2590	2512	2430	2514	2953	2744
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1397	1389	1394	1394	1389	1281	1392	1388	1398
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,4	99,9	100,2	100,2	99,9	92,1	100,1	99,8	100,5
DESVIO DE UMIDADE	-0,9	0,1	0,6	1,1	1,0	0,9	0,1	1,0	0,4
PROFOUNDIDADE DO FURO	18	16	16	19	21	19	17	19	21
DATA	14/09/24	14/09/24	14/09/24	14/09/24	16/09/24	16/09/24	16/09/24	16/09/24	16/09/24
Observações								Engenheiro Responsável	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA



DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO			ATERRO: CONTROLADO					
CAMADA	37	37	38	38	39	39	40	40	40
FURO	1	2	1	2	1	2	1	2	3
AFASTAMENTO	EIXO	BD	BE	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3255	3684	3571	3385	3444	3278	3381	3580	3400
PESO DA AREIA DESLOCADA	3745	3316	3429	3615	3556	3722	3619	3420	3600
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	3125	2696	2809	2995	2936	3102	2999	2800	2980
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,298	1,982	2,065	2,202	2,159	2,281	2,205	2,059	2,191
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	29,0	28,0	28,7	28,4	28,6	29,4	29,2	30,0	30,4
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	4105	3525	3710	3932	3897	4102	3957	3721	3991
DENSIDADE ÚMIDA	3183	2754	2883	3062	3030	3170	3063	2862	3061
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1385	1389	1396	1391	1404	1390	1389	1390	1397
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	99,6	99,9	100,3	100,0	100,9	99,9	99,8	99,9	100,4
DESVIO DE UMIDADE	-0,1	-1,0	-0,3	-0,6	-0,4	0,4	0,2	1,0	1,4
PROFOUNDIDADE DO FURO	19	18	17	18	20	19	18	20	21
DATA	17/09/24	17/09/24	17/09/24	17/09/24	18/09/24	18/09/24	18/09/24	18/09/24	18/09/24
Observações								Engenheiro Responsável	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA



DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO			ATERRO: CONTROLADO					
CAMADA	41	41	42	42	43	43	44	44	44
FURO	1	2	1	2	1	2	1	2	3
AFASTAMENTO	BD	BD	EIXO	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3155	3614	3501	3325	3404	3078	3321	3480	3200
PESO DA AREIA DESLOCADA	3845	3386	3499	3675	3596	3922	3679	3520	3800
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	3225	2766	2879	3055	2976	3302	3059	2900	3180
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	2,371	2,034	2,117	2,246	2,188	2,428	2,249	2,132	2,338
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	29,8	28,7	29,5	29,5	28,6	29,4	29,2	29,4	29,7
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	4305	3625	3790	4032	3909	4372	4052	3841	4205
DENSIDADE ÚMIDA	3317	2817	2927	3114	3040	3379	3136	2968	3242
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1399	1385	1383	1386	1389	1392	1394	1392	1387
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,5	99,6	99,4	99,6	99,9	100,0	100,2	100,1	99,7
DESVIO DE UMIDADE	0,8	-0,3	0,5	0,5	-0,4	0,4	0,2	0,4	0,7
PROFOUNDIDADE DO FURO	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DATA	19/09/24	19/09/24	19/09/24	19/09/24	19/09/24	20/09/24	20/09/24	20/09/24	20/09/24
Observações								Engenheiro Responsável	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA



DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO			ATERRO: CONTROLADO					
CAMADA	45	45	46	46	46	47	47	48	48
FURO	1	2	1	2	3	1	2	1	2
AFASTAMENTO	BD	BD	EIXO	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	4012	4005	4000	4085	4022	4032	4012	4033	4027
PESO DA AREIA DESLOCADA	2988	2995	3000	2915	2978	2968	2988	2967	2973
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2368	2375	2380	2295	2358	2348	2368	2347	2353
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	1,741	1,746	1,750	1,688	1,734	1,726	1,741	1,726	1,730
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	30,1	30,1	30,5	30,5	30,7	30,8	30,7	30,6	30,4
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3152	3175	3188	3075	3179	3162	3175	3160	3150
DENSIDADE ÚMIDA	2424	2440	2443	2356	2432	2417	2429	2420	2416
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1392	1397	1396	1396	1403	1400	1395	1402	1396
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,1	100,5	100,4	100,4	100,9	100,7	100,3	100,8	100,4
DESVIO DE UMIDADE	1,1	1,1	1,5	1,5	1,7	1,8	1,7	1,6	1,4
PROFOUNDIDADE DO FURO	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DATA	21/09/24	21/09/24	21/09/24	21/09/24	23/09/24	23/09/24	23/09/24	23/09/24	23/09/24
Observações								Engenheiro Responsável	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA



DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO			ATERRO: CONTROLADO					
CAMADA	49	49	49	50	50	51	51	52	52
FURO	1	2	3	1	2	1	2	1	2
AFASTAMENTO	BD	BD	EIXO	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	4055	4075	4125	4177	4134	3988	4055	4121	4111
PESO DA AREIA DESLOCADA	2945	2925	2875	2823	2866	3012	2945	2879	2889
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2325	2305	2255	2203	2246	2392	2325	2259	2269
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	1,710	1,695	1,658	1,620	1,651	1,759	1,710	1,661	1,668
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	29,1	29,4	29,4	29,5	29,2	29,4	29,5	29,1	29,0
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3082	3075	2988	2917	2979	3182	3075	2980	2980
DENSIDADE ÚMIDA	2387	2376	2309	2253	2306	2459	2375	2308	2310
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1396	1402	1393	1391	1396	1398	1389	1390	1385
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,4	100,8	100,1	100,0	100,4	100,5	99,9	99,9	99,5
DESVIO DE UMIDADE	0,1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,4	0,5	0,1	0,0
PROFOUNDIDADE DO FURO	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DATA	24/09/24	24/09/24	24/09/24	24/09/24	24/09/24	25/09/24	25/09/24	25/09/24	25/09/24
Observações								Engenheiro Responsável	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA



DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO			ATERRO: CONTROLADO					
CAMADA	53	53	54	54	54	55	55	56	56
FURO	1	2	1	2	3	1	2	1	2
AFASTAMENTO	BD	BD	EIXO	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	3955	3982	3980	4001	3974	3967	3988	4010	3987
PESO DA AREIA DESLOCADA	3045	3018	3020	2999	3026	3033	3012	2990	3013
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2425	2398	2400	2379	2406	2413	2392	2370	2393
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	1,783	1,763	1,765	1,749	1,769	1,774	1,759	1,743	1,760
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	30,5	30,8	30,7	30,7	30,1	30,6	30,7	29,8	29,7
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3262	3195	3210	3179	3199	3225	3197	3152	3177
DENSIDADE ÚMIDA	2500	2443	2456	2432	2459	2469	2446	2428	2449
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1402	1385	1392	1390	1390	1392	1391	1393	1392
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,8	99,6	100,1	100,0	99,9	100,1	100,0	100,2	100,1
DESVIO DE UMIDADE	1,5	1,8	1,7	1,7	1,1	1,6	1,7	0,8	0,7
PROFOUNDIDADE DO FURO	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DATA	25/09/24	25/09/24	25/09/24	25/09/24	26/09/24	26/09/24	26/09/24	26/09/24	26/09/24
Observações								Engenheiro Responsável	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

DENSIDADE "IN SITU" MÉTODO FRASCO DE AREIA



DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO
MÉTODO FRASCO DE AREIA

TRECHO	OBRA: BARRAGEM PASSA CINCO			ATERRO: CONTROLADO					
CAMADA	57	57	58	58	59	59	60	60	60
FURO	1	2	1	2	3	1	2	1	2
AFASTAMENTO	BD	BD	EIXO	EIXO	BD	BD	EIXO	BD	BE
PESO DO FRASCO ANTES	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
PESO DO FRASCO DEPOIS	4011	4122	4054	4200	4177	4102	4092	4066	4077
PESO DA AREIA DESLOCADA	2989	2878	2946	2800	2823	2898	2908	2934	2923
PESO DA AREIA NO CONE	620	620	620	620	620	620	620	620	620
PESO DA AREIA NO FURO	2369	2258	2326	2180	2203	2278	2288	2314	2303
DENSIDADE DA AREIA	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
VOLUME DO FURO	1,742	1,660	1,710	1,603	1,620	1,675	1,682	1,701	1,693
UMIDADE ÓTIMA-HOT LAB.	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Nº DA CÁPSULA	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÁPSULA+SOLO+ÁGUA	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÁPSULA+SOLO	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A - ÁGUA	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C - CÁPSULA	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SOLO SECO	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UMIDADE DO CAMPO	28,9	28,9	28,7	28,7	28,1	28,5	28,4	28,3	28,3
PESO MATERIAL DO FURO TOTAL	3122	2985	3065	2869	2892	3002	3010	3040	3021
DENSIDADE ÚMIDA	2422	2316	2382	2229	2258	2336	2344	2369	2355
DENSIDADE APAREN. DO SOLO SECO	1390	1395	1392	1391	1394	1395	1393	1393	1390
DENSIDADE MÁXIMA	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391	1391
GRAU DE COMPACTAÇÃO	100,0	100,3	100,1	100,0	100,2	100,3	100,2	100,1	100,0
DESVIO DE UMIDADE	-0,1	-0,1	-0,3	-0,3	-0,9	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7
PROFOUNDIDADE DO FURO	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DATA	27/09/24	27/09/24	27/09/24	27/09/24	28/09/24	28/09/24	28/09/24	28/09/24	28/09/24
Observações								Engenheiro Responsável	
								Alex Junio Alves CREA 248321	

ANEXO VI

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO
MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS



**LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE
PONTE NOVA, MINAS GERAIS**

**PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA
PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.**

**PONTE NOVA - MINAS GERAIS
SETEMBRO DE 2021**



Ficha Técnica

PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.

Equipe Técnica

Engenheira Agrimensora e Cartógrafa: Rayra Bellico Cária e Coelho – CREA: MG-299.677/D
Estagiários: Felipe Catão Mesquita Santos
Mayke Nogueira de Miranda



**LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE
PONTE NOVA, MINAS GERAIS**

**PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA
PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.**

DATA: 09 de setembro de 2021.

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035
Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, rayrabcc@gmail.com, cel.: (31)983286799, Whatsapp: (31) 999519788



RELATÓRIO TÉCNICO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente relatório tem a finalidade de apresentar os produtos das etapas dos levantamentos batimétricos realizados no reservatório Passa Cinco, no município de Ponte Nova-MG. Os serviços foram executados visando a geração de produtos na escala de mapeamento 1:8.000, abrangendo uma área estimada de 5 ha, representando a área molhada do empreendimento. Além da descrição da metodologia de execução, também serão evidenciados os equipamentos utilizados, resultados obtidos e os produtos entregues.

1.1.EMPRESA CONTRATANTE

Nome: PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTE NOVA – SECRETÁRIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (SEMAM).

1.2.EQUIPE TÉCNICA

Os trabalhos de escritório foram executados pela equipe descrita a seguir:

- Rayra Bellico Cária e Coelho

Os trabalhos de campo foram executados pela equipe descrita a seguir:

- Rayra Bellico Cária e Coelho
- Felipe Catão Mesquita Santos
- Mayke Nogueira de Miranda

RELATÓRIO TÉCNICO

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O reservatório em que os testes foram realizados (Figura 1) é localizado no município de Ponte Nova – MG e apresenta uma área de 5 hectares.

Figura 1. Localização da área do levantamento. Fonte: Google Earth.



3. PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO

3.1. APOIO DE CAMPO

3.1.1. Normas Técnicas

Na execução dos trabalhos foram observadas todas as Normas Técnicas e Padronizações pertinentes a realização de cada fase dos serviços, dentre as quais se destacam:

- Decreto-Lei nº 1.177 de 21/06/1971 - Dispõe sobre o aerolevantamento em território nacional;
- Decreto nº 2.278 de 17/07/1997 – RAA - Regulamenta o Decreto-Lei nº 1177 de 21/06/1971 que dispõe sobre aerolevantamento no território nacional;
- Portaria nº 0637-SC-6/FA-61 de 05/03/1998 - IRA - Aprova as Instruções Reguladoras de Aerolevantamento em território nacional;
- Lei nº 7.565 de 19/12/1986 que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica;

RELATÓRIO TÉCNICO

- RPR 22 de 21/07/1983 - IBGE - Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos no Território Brasileiro;
- RPR 1/2005 – IBGE - Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro para o SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas;
- RPR 4/2012 - Retifica a RPR 1/2005;
- N 1/2008 - IBGE - Norma de Serviço sobre Padrão de Marco Geodésico;
- NBR 13.133, de 30/06/1994 - Que trata da execução de levantamentos topográficos;
- Decreto 89.817, de 20/06/1984 - Instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional quanto aos padrões de exatidão;
- Decreto nº 5.334 de 6/01/2005 - Da nova redação ao art. 21 e revoga o art. 22 do Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional;
- Decreto-lei nº 243/1967 de 28 de fevereiro de 1967 - Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências;

3.1.2. Sistema Geodésico Empregado

3.1.2.1. Referencial Planimétrico

Para o presente trabalho foi considerado como referência básica as estações de primeira ordem do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), homologadas junto ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) do IBGE.

Para composição dos produtos finais foi utilizado como referencial planimétrico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000). A definição deste sistema é dada pelos parâmetros a seguir apresentados.

- Nomenclatura oficial: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas;
- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional ITRS (*International Terrestrial Reference System*);
- Figura geométrica para a Terra: Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (*Geodetic Reference System 1980 - GRS80*);
- Semi-eixo maior $a = 6.378.137\text{ m}$; e
- Achatamento $f = 1/298.257222101$.
- Parâmetros referentes ao posicionamento espacial do elipsoide:
 - Origem: Centro de massa da Terra (Geocêntrico); e
 - Orientação: Polos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0.005''$ com as direções definidas pelo BIH (Bureau International de l'Heure), em 1984,0.

RELATÓRIO TÉCNICO

- Estações de Referência: 21 estações da Rede Continental SIRGAS2000, estabelecidas no Brasil e identificadas formam a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional. É incluída nesse conjunto a estação SMAR, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), cujas coordenadas foram determinadas pelo IBGE posteriormente à campanha GPS SIRGAS2000;
- Época de Referência das coordenadas: 2000,4; e
- Materialização: Estabelecida por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantadas a partir das estações de referência.

3.1.2.2. Referencial Altimétrico

O referencial altimétrico adotado neste projeto é o mesmo utilizado pelo IBGE: datum altimétrico de Imbituba, que coincide com a superfície equipotencial do nível médio dos mares, definido pelas observações maregráficas tomadas na Baía de Imbituba-SC.

3.2. PROCESSAMENTO E AJUSTAMENTO DO RASTREIO DO VÉRTICE DE APOIO

Com o rastreio de pelo menos 3 horas no marco implantado na área “seca” do reservatório Passa Cinco, foi obtido o arquivo RINEX para o processamento. Todo o processamento foi realizado com base nas normativas do IBGE, respeitando cada detalhe, objetivando a melhor precisão do ponto. Os dados foram inseridos no PPP e logo em seguida feito a correção para os pontos de RTK.

Figura 2. Rastreio do vértice de apoio. Fonte: IBGE.



RELATÓRIO TÉCNICO

Figura 3. Processamento PPP do vértice de apoio. Fonte: IBGE.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: 03313726

Inicio:	AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/08/24 13:32:55,00
Fim:	AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/08/24 19:25:00,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO	
Observação processada:	CÓDIGO & FASE	
Modelo da Antena:	CNTT300 NONE	
Órbitas dos satélites: ¹	RÁPIDA	
Frequência processada:	L3	
Intervalo do processamento(s):	5,00	
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000	
Sigma da portadora(m):	0,010	
Altura da Antena ³ (m):	2,000	
Ângulo de Elevação(graus):	10,000	
Resíduos da pseudodistância(m):	1,87 GPS 2,78 GLONASS	
Resíduos da fase da portadora(cm):	1,01 GPS 1,07 GLONASS	

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (é a que deve ser usada) ⁴	-20° 25' 27,7190"	-42° 52' 53,8670"	481,21	7740130.813	721031.077	-45
Na data do levantamento ⁵	-20° 25' 27,7105"	-42° 52' 53,8693"	481,21	7740131.076	721031.014	-45
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,001	0,003	0,006			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	hgeohnor_imbituba
Fator para Conversão (m):	-7,94
Altitude Normal (m):	489,15
Incerteza (m):	0,08

3.3. ONDULAÇÃO GEOIDAL

A altitude determinada utilizando um receptor GNSS não está relacionada ao nível médio do mar, mas a um elipsoide de referência com dimensões específicas. Portanto, torna-se necessário conhecer a Altura (ou Ondulação) Geoidal (diferença entre as superfícies do geoide e elipsoide) para que a altitude acima do nível médio do mar possa ser obtida.

A Altura (ou Ondulação) Geoidal é empregada para converter as altitudes elipsoidais e referenciá-las ao nível médio dos mares com altitudes obtidas sobre o geoide.

O cálculo da Altitude Ortométrica foi realizado através da seguinte equação (Eq. 1) aproximada:

$$H = h - N \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

H = Altitude Ortométrica;

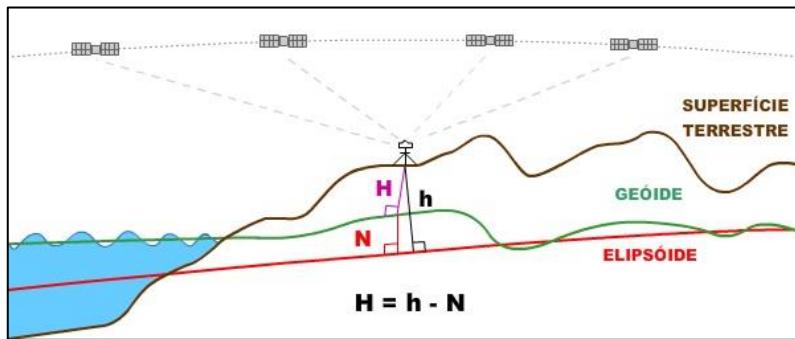
h = Altitude Geométrica; e

N = Ondulação Geoidal.

RELATÓRIO TÉCNICO

A Figura 5 ilustra a Altitude Ortométrica.

Figura 4. Altura (ou Ondulação) Geoidal. Fonte: IBGE.



A partir da Ondulação Geoidal do hgeoHNOR, fornecido pelo IBGE, foram calculadas as Altitudes Ortométricas dos pontos levantados.



LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEXE

RELATÓRIO TÉCNICO

1. EXECUÇÃO DO LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

A equipe adotou a metodologia de linhas transversais com equidistância de 10 metros e uma linha longitudinal intersectando todas as linhas, para validação e análise das discrepâncias, de acordo com a imagem abaixo (Figura 5).



Figura 5. Planejamento do levantamento batimétrico

Para a execução do levantamento toda a preparação foi realizada e a montagem do sistema foi feita em uma embarcação de oportunidade, de acordo com a Figura 6.

Figura 6. Preparação do levantamento



Figura 3 - Preparação do levantamento


**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura
RELATÓRIO TÉCNICO

A calibração do ecobatímetro foi feita através da utilização do perfilador de velocidade do som na água Teledyne SVP (Figura 7).

Os dados foram descarregados no software Digibar Pro 3.0 e as velocidades obtidas foram aplicadas no software do ecobatímetro BathyLogger para a correta detecção do fundo.

Figura 7. Lançamento do perfilador



Durante o levantamento, foi constatado que a região mais a nordeste do reservatório (Figura 8 e 9) encontrava-se assoreada, impossibilitando a realização da navegação segura para a sondagem, a equipe optou por fazer a coleta de alguns pontos com a metodologia do levantamento topobatimétrico (Figura 10).


**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura
RELATÓRIO TÉCNICO

Figura 8. Região assoreada



Figura 9. Região assoreada

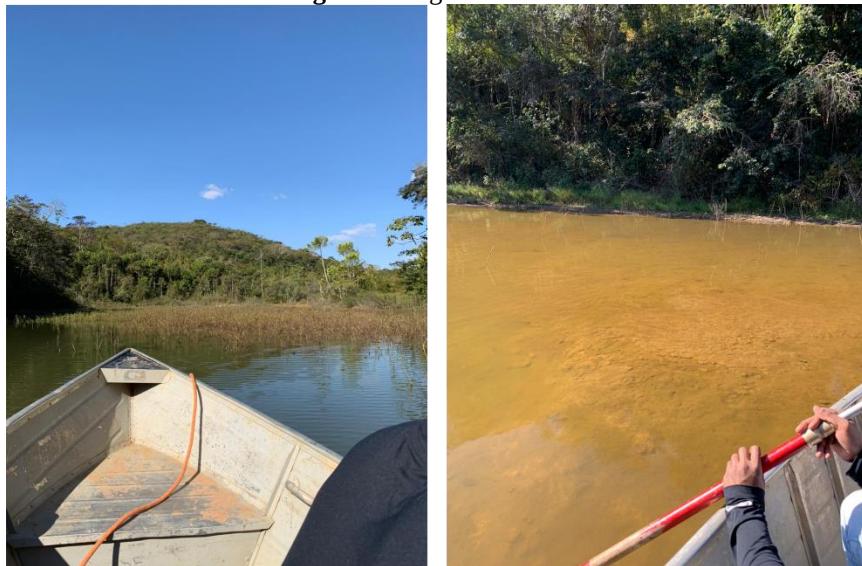


Figura 10. Topobatimetria nas regiões de difícil acesso



Após a coleta dos dados com a metodologia RTK, os dados são integrados com os pontos da batimetria para uma melhor representação do reservatório.

1.1. CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade do apoio de campo (Levantamento, Processamento e Ajustamento) corresponde as atividades que visam garantir e atender à qualidade prevista para essa etapa. As atividades de controle da qualidade realizadas para os produtos são descritas a seguir.

1.1.1. Conferência dos Equipamentos

- Checagem do tipo de equipamento utilizado: tipo, marca, modelo, modelo de antena e código;
- Checagem do funcionamento dos equipamentos.

1.1.2. Execução dos Trabalhos de Campo

- Avaliação da localização das Estações Oficiais de Referência existentes;
- Avaliação da localização dos vértices a serem implantados no Apoio Terrestre.

1.1.3. Dados Coletados no Rastreio dos Pontos

RELATÓRIO TÉCNICO

- Conferência dos arquivos recebidos (fotos de campo, croquis, arquivo GNSS);
- Checagem da conversão dos arquivos para RINEX II;
- Conferência dos arquivos organizados nos diretórios;
- Verificação das cadernetas de campo.

1.1.4. Processamento e Ajustamento

- Avaliação dos vetores processados através do relatório de processamento e ajustamento;
- Conferência dos resultados obtidos para atendimento das Normas Técnicas;
- Avaliação do ajustamento através do relatório de ajustamento;
- Conferência, através de testes condicionais, das precisões de todas as coordenadas (desvios-padrão de E, N, h) e ainda da resultante das componentes dos desvios-padrão.

1.1.5. Dados Técnicos

- Análise dos procedimentos metodológicos seguidos, em atendimento às Normas Técnicas;
- Validação dos produtos gerados.

1.1.6. Monografias

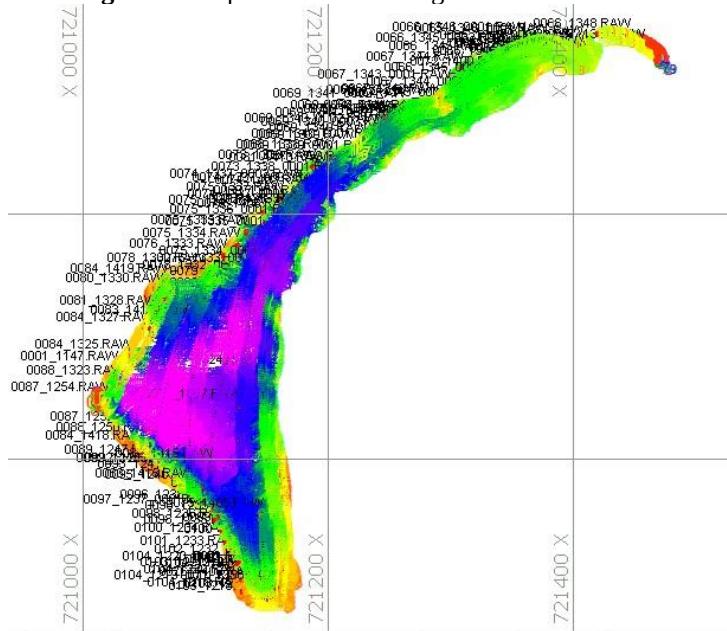
- Conferência dos itinerários utilizando o Google Earth;
- Conferência da coerência nos textos gerados, da conectividade entre as palavras, se todas as indicações de nomes próprios são iniciadas por letra maiúscula e a correta pontuação;
- Conferência do tamanho das fotos de campo e fotos de localização; e
- Conferência da existência de apenas um itinerário / foto do campo / foto de localização / croqui para cada vértice e que eles estão tratando da mesma informação em cada item.

RELATÓRIO TÉCNICO

2. PROCESSAMENTO DOS LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEIXE

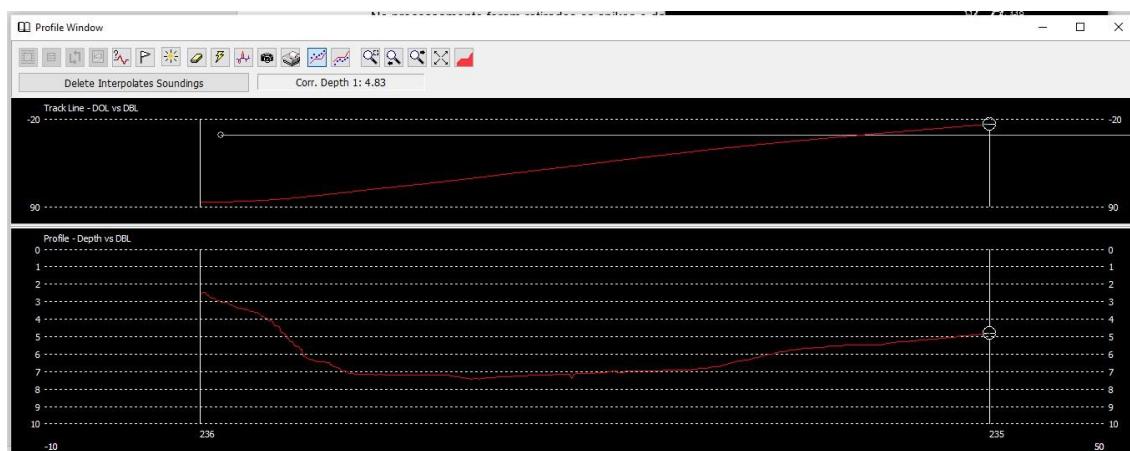
Os dados foram gerados e visualizados no Hypack MAX para que se desse início do processamento e análise das linhas sondadas. A Figura 11 mostra a visão geral dos pontos coletados.

Figura 11. Topobatimetria nas regiões de difícil acesso



No processamento foram retirados os spikes e dados espúrios (Figura 12), limpando os perfis, que já apresentavam poucos ruídos.

Figura 12. Perfil de uma seção realizada.



Após o processamento foram analisados os resultados do reservatório como níveis de profundidade,

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035

Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, rayrabcc@gmail.com, cel.: (31)983286799, Whatsapp: (31) 999519788

RELATÓRIO TÉCNICO

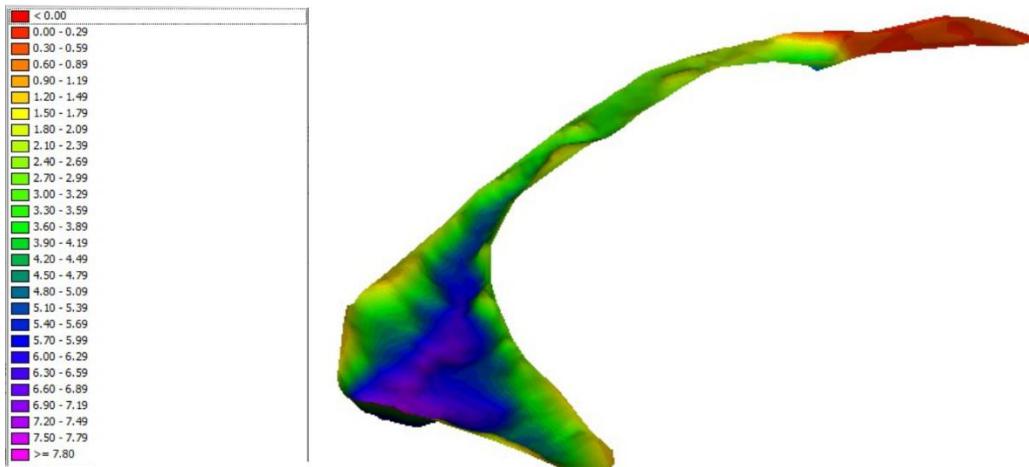
volume, entre outros. A Tabela 1 apresenta esses resultados após o processamento.

Tabela 1 - Resultados pós-processamento
RESULTADOS BATIMETRIA

Profundidade Média:	3,87	m
Profundidade Mínima:	0,21	m
Profundidade Máxima:	7,42	m
Volume:	153.780,5	m ³
Área:	34.863,8	m ²

De acordo com os dados processados, foi gerado também o modelo digital de profundidade (Figura 7) com base nas profundidades obtidas.

Figura 10. Modelo digital de profundidade.





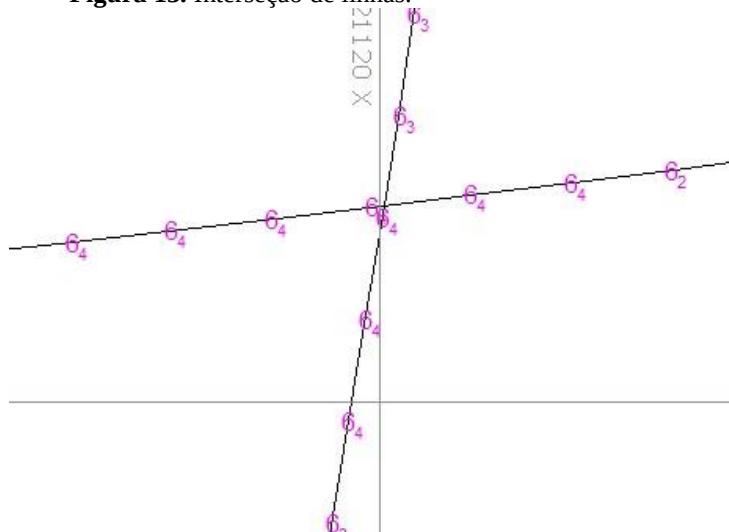
**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

3. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DOS DADOS

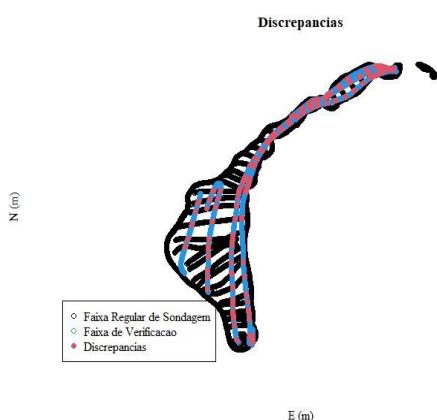
A Figura 13 mostra um exemplo de interseção entre as linhas com uma pequena discrepância das profundidades.

Figura 13. Interseção de linhas.



Para uma análise mais refinada, foi utilizado script *Point to Point* (Ferreira, 2018) para realizar as análises das discrepâncias entre as interseções das linhas transversais e longitudinais. A figura abaixo (Figura 14) apresenta os pontos identificados de interseção entre as linhas sondadas.

Figura 14. Mapa dos pontos de interseção identificados.



Após a inserção dos pontos no formato de coordenadas XYZ nas ferramentas de análise, obtiveram resultados de cada discrepancia entre a profundidade da linha regular de sondagem e da linha de



verificação (Tabela 1).

Tabela 2 - Análise estatística das discrepâncias

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Média:	-0.01	m
Mínimo:	-0.27	m
Máximo:	0.23	m
RMSE	0.22	m
Desvio Padrão	0.22	m

Foram analisadas mais de 1500 pontos de discrepâncias para o controle de qualidade do levantamento batimétrico e é notável os bons resultados apresentados para as incertezas ponto a ponto, apresentando uma incerteza média de 1 centímetro.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13133. Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro. 1994. 35p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14166. Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro. 1996. 23p.

CIDADE-BRASIL, 2021. Município de Barão de Cocais. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-barao-de-cocais.html>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

CLIMATE-DATA. **Barão de Cocais Clima (Brasil)**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/barao-de-cocais-24994/>. Acesso em: 25 maio 2021.

COPASA. **Informações sobre abastecimento**. Disponível em:
<https://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/informacoes-sobre-abastecimento>. Acesso em: 21 maio 2021.

ENGECORPS ENGENHARIA S.A. **Proposta de revisão do plano municipal de saneamento básico**. Barão de Cocais: Prefeitura Municipal de Barão de Cocais, 2020.

FERREIRA, I. O. **Controle de qualidade em levantamentos hidrográficos**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 216p., 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Barão de Cocais - Panorama**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/barao-de-cocais/panorama>. Acesso em: 25 maio 2021.

MUNICÍPIO DE BARÃO DE COCAIS, 2021. Homepage da Prefeitura de Barão de Cocais. Disponível em: <<https://www.barao-de-cocais.mg.gov.br>>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

SANTOS, D. A. R.; CAMARGO, P.X. **Classificação do Uso do Solo do Município de Barão de Cocais - MG**. TCC, Publicação ENC. PF-001A/07, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 34p. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Série Histórica**. 2018. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 25 maio 2021