



GRANHA LIGAS

Relatório de Outorga

**Desvio total do Córrego do
Tanque**

**Descaracterização da
Barragem Água Limpa**

Julho/2024



Geo Miners

Consultoria | Engenharia | Construção

REV.	T.E.	DESCRIPTION / PURPOSE	DATE	ELAB.	VERIF.	APROV.	AUTOR.
0	B	Relatório de Outorga: Desvio total do Córrego do Tanque Descaracterização da Barragem Água Limpa	03/07/24	PEMF	NYB	NYB	PEMF

T.E. Tipo de Emissão: (A) Preliminar; (B) Para Aprovação; (C) Para Conhecimento; (D) Para Cotação; (E) Para Construção; (F) Final

APRESENTAÇÃO

Este Relatório de Outorga foi elaborado para atender as regulamentações para Desvio Total do Córrego do Tanque com objetivo de descaracterização da Barragem Água Limpa, conforme solicitação de **Ofício FEAM/NUBAR nº. 56/2023**, processo SEI 2090.01.0004161/2020-56.

O projeto de descaracterização foi aprovado junto ao Núcleo de Gestão de Barragens (NUBAR) da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), e prevê como parte do seu projeto o desvio total do córrego do Tanque por uma distância de 822m no sentido a montante do barramento existente.

O córrego Tanque é afluente esquerdo do Rio das Mortes, e sua foz é próxima ao distrito municipal do Germinal, localizado na porção sul do município de São Tiago.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....	8
3.	IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO PROJETO	8
4.	IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL PELO PCA	8
5.	CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO	8
5.1.	LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	8
5.2.	MUNICÍPIOS DA REGIÃO.....	10
5.3.	GEOLOGIA.....	11
5.3.1.	GEOLOGIA REGIONAL	11
5.3.2.	GEOLOGIA LOCAL	25
5.4.	CLIMA	26
5.5.	GEOMORFOLOGIA	28
5.5.1.	GEOMORFOLOGIA REGIONAL	28
5.5.2.	GEOMORFOLOGIA LOCAL.....	30
5.6.	RECURSOS HÍDRICOS	31
5.7.	BIOMAS.....	35
6.	JUSTIFICAIVA DA REALIZAÇÃO DA INTERVENÇÃO	37
7.	INFORMAÇÕES REFERENTES AO CURSO D'ÁGUA NA INTERVENÇÃO.....	38
8.	COORDENAS DOS PONTOS DE INÍCIO E FIM DO DESVIO TOTAL DO CÓRREGO	39

Título: Desvio Total do Córrego do Tanque – Descaracterização da Barragem Água Limpa
Solicitação SEI: 2090.01.0012089/2024-67 | FCE de Referência: R044065/2024
Julho/2024

NÚMERO (Controle)

REVISÃO

1

NÚMERO CONTRATADA

Página 3 de 79

9.	TAXA DE OCUPAÇÃO A MONTANTE, LOCAL E JUSANTE.....	40
10.	ESTUDO HIDROLÓGICO	41
10.1.	DETERMINAÇÃO DAS CHUVAS DE PROJETO.....	41
10.2.	CARACTERIZAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO – CURSO D’ÁGUA INTERMITENTE	44
10.3.	CARACTERIZAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO – SAÍDA DE DRENAGEM DO MATERIAL SELANTE DO RESERVATÓRIO	48
11.	ESTUDO HIDRÁULICO	51
12.	CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA DEFINIÇÃO DO REVESTIMENTO DO DESVIO.....	60
13.	PROJETO CONCEITUAL DO DESVIO TOTAL DO CÓRREGO DO TANQUE	60
14.	IMPACTO HIDROLÓGICO A MONTANTE E JUSANTE DO CURSO D’ÁGUA.....	71
15.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Localização da Mina do Totonho na Estrutura Viária Regional.....	9
Figura 2 – Mapa de Localização com os Núcleos Urbanos próximos à área do empreendimento.....	11
Figura 3 – Mapa geológico regional da porção sudeste de Minas Gerais	13
Figura 4 – Classificação Climática da Região do Empreendimento Segundo IBGE	27
Figura 5 – Classificação climática da região do empreendimento segundo Köppen-Geiger.	28
Figura 6 – Mapa de declividade com destaque para a ADA do empreendimento. Fonte: O Autor (2023)	31
Figura 7 – Rede hidrográfica da ADA do empreendimento. Fonte: O Autor (2023).....	32
Figura 8 – Localização do empreendimento na Bacia do Rio Grande. Fonte: O Autor (2023).....	33
Figura 9 – Localização do empreendimento no Bioma Mata Atlântica. Fonte: O Autor (2023)	37
Figura 10 – Córrego do Tanque próximo do início da área proposta para o desvio total	38
Figura 11 – Vertedouro próximo do final do desvio total.	39
Figura 12 – Ocupação Jusante do empreendimento.....	40
Figura 13 – Gráfico da intensidade de chuva em função do Tc, conforme tempo de retorno	47
Figura 14 – Gráfico da intensidade de chuva em função do Tc, conforme tempo de retorno	50
Figura 15 – Local de início do canal de drenagem projetado (1).....	52
Figura 16 – Local de início do canal de drenagem projetado (2).....	52
Figura 17 – Região de início do canal de drenagem projetado (1).	53
Figura 18 – Região do início do canal de drenagem projetado (2).....	54
Figura 19 – Margem leste do reservatório – local de passagem do canal (1).....	55
Figura 20 – Margem leste do reservatório – local de passagem do canal (2).....	55
Figura 21 – Região de deságue do canal de drenagem	56
Figura 22 – Escada hidráulica existente a jusante.	56
Figura 23 – Seção do canal de drenagem do curso d’água.....	58
Figura 24 – Vista em planta do canal de drenagem do curso d’água (margem leste).....	59
Figura 25 – Projeto de “As Is” da Barragem Água Limpa.....	61
Figura 26 – Seção A-A’ do Projeto de “As Is” da Barragem Água Limpa.....	61
Figura 27 – Seção B-B’ do Projeto de “As Is” da Barragem Água Limpa.	61
Figura 28 – Seção C-C’ do Projeto de “As Is” da Barragem Água Limpa	62
Figura 29 – Detalhe das seções Projeto de “As Is”	62
Figura 30 – Foto da região seca do reservatório.	65
Figura 31 – Vista em detalhe da região seca do reservatório.....	65
Figura 32 – Vista em detalhe de uma área de brejo do reservatório.	66

Título: *Desvio Total do Córrego do Tanque – Descaracterização da Barragem Água Limpa*
Solicitação SEI: 2090.01.0012089/2024-67 | FCE de Referência: R044065/2024
Julho/2024

NÚMERO (Controle)

REVISÃO

1

NÚMERO CONTRATADA

Página 5 de 79

Figura 33 – Vista em detalhe de uma área de brejo do reservatório.	67
Figura 34 – Representação do reservatório (em marrom) antes do início do processo de selagem.....	68
Figura 35 – Representação da terceira e última etapa de selagem.....	69
Figura 36 – Reservatório totalmente selado e com o gerenciamento de águas pluviais.....	69
Figura 37 – Detalhe do canal de saída da drenagem das águas pluviais da região selada.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Volumes de precipitação (mm) para diversos tempos de duração, em função de diferentes Tempos de Retorno. Posto: Bom Sucesso/MG.....	43
Tabela 2 – Intensidade de chuva (mm/h) para diversos tempos de duração, em função de diferentes Tempos de Retorno. Posto: Bom Sucesso/MG.....	44
Tabela 3 – Informações para cálculo do Tc (tempo de concentração)/MG.....	45
Tabela 4 – Intensidade de chuva (mm/h) e duração, para cada tempo de retorno	46
Tabela 5 – Informações para cálculo de vazão	48
Tabela 6 – Informações para cálculo do Tc (Tempo de concentração).....	49
Tabela 7 – Intensidade de chuva (mm/h) e duração, para cada tempo de retorno	49
Tabela 8 – Informações para cálculo de vazão	51
Tabela 9 – Informações para cálculo da área da seção transversal do canal.	57
Tabela 10 – Informações do dimensionamento do canal de drenagem para o curso de água natural existente.	58
Tabela 11 – Características do Projeto “As Is” da Barragem Água Limpa – Dados Gerais	63
Tabela 12 – Características do Projeto “As Is” da Barragem Água Limpa – Hidrologia e Hidráulica.....	63
Tabela 13 – Informações para cálculo da área da seção transversal do canal.	70

1. INTRODUÇÃO

O presente Relatório Técnico foi elaborado com a finalidade de atender o Termo de Referência para requerimento de Outorga para Desvio Total de curso d'água disponível no site do IGAM (<http://www.igam.mg.gov.br/outorga/formularios>).

O objetivo desse desvio total do córrego do Tanque é atender parte das ações que visam atender o plano de fechamento através da descaracterização da Barragem Água Limpa, conforme o **Ofício FEAM/NUBAR nº. 56/2023**, processo SEI 2090.01.0004161/2020-56.

A barragem Água Limpa, de posse da empresa Granha Ligas Ltda, foi construída pela empresa Mineração Germinal Ltda e adquirida pela atual titular do direito minerário (Granha Ligas) em 05 de junho de 2009. Destaca-se que ela é considerada inativa, fora de operação, sendo que nunca foi utilizada de fato como depósito de rejeitos. A estrutura possui bermas com largura de 5,0m e bancos, com 10,0m de altura e com volume de finos depositado atual em 177.067m³, com uma pequena lâmina d'água.

Conforme determina a Agência Nacional de Mineração, Resolução Nº 32 (ANM, 2020), a barragem de mineração descaracterizada é uma estrutura que não recebe, permanentemente, aporte de rejeitos e/ou sedimentos oriundos de sua atividade fim, a qual deixa de possuir características ou de exercer função de barragem, de acordo com este projeto técnico, compreendendo, mas não se limitando, às seguintes etapas:

- Descomissionamento: encerramento das operações com a remoção das infraestruturas associadas, tais como, mas não se limitando, a espigotes, tubulações, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;
- Controle hidrológico e hidrogeológico: adoção de medidas efetivas para reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;
- Estabilização: execução de medidas tomadas para garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local; e
- Monitoramento: acompanhamento pelo período necessário para verificar a eficácia das medidas de estabilização.

Dessa forma, considerando que a barragem está fora de operação, sem atividades, a empresa decidiu pelo fechamento da estrutura.

Título: *Desvio Total do Córrego do Tanque – Descaracterização da Barragem Água Limpa*
Solicitação SEI: 2090.01.0012089/2024-67 | FCE de Referência: R044065/2024
Julho/2024

NÚMERO (Controle)

REVISÃO

1

NÚMERO CONTRATADA

Página 8 de 79

2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Nome/Razão social: **Granha Ligas Ltda.**Nome Fantasia: **Granha Ligas**CNPJ/CPF: **05.833.746/0004-42**Endereço (Rua, Av. Rod. etc...): **Fazenda Aca Germinal**

Complemento:

Município: **São Tiago**UF: **MG**

Fax:

Caixa Postal:

Inscrição estadual:

Nº/km: **s/n**Bairro/localidade: **Zona Rural**CEP: **36.350-000**Telefone: **(32) 33273-4232**e-mail: **nicolas.braga@granhaligas.com**

3. IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO PROJETO

Nome/Razão social: **Paulo [REDACTED]**Nome Fantasia: **GeoMiners Consult**CNPJ/CPF: **15.336.493/0001-02**Endereço (Rua, Av. Rod. etc...): **[REDACTED]**Complemento: **A**Município: **Nazareno**UF: **MG**

Fax:

Caixa Postal:

Inscrição estadual:

Nº/km: **50**Bairro/localidade: **Centro**CEP: **36.370-000**Telefone: **[REDACTED]**e-mail: **[REDACTED]**

4. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL PELO PCA

Nome Completo	Formação Técnica	Registro Profissional	Atuação no Projeto	ART
Paulo Ernani Martins Ferreira	Engenheiro Civil Engenheiro de Produção Engenheiro de Segurança do Trabalho Especialista em Engenharia de Minas Especialista em Engenharia Geotécnica Especialista em Engenharia Florestal Esp. Engenharia Sanitária e Ambiental Especialista em Geoprocessamento e Georreferenciamento Técnico em Eletromecânica Mestre Tecnologia e Inovações Ambientais MBB Lean Six Sigma	CREA MG 167.829-D	Elaboração	MG 20243219241

5. CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO

5.1. LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A Mina do Totonho (Germinal) está com suas atividades temporariamente suspensas por inviabilidade econômica, esta mineração pertence a empresa Granha Ligas Ltda., e localiza-se ao

Título: Desvio Total do Córrego do Tanque – Descaracterização da Barragem Água Limpa
 Solicitação SEI: 2090.01.0012089/2024-67 | FCE de Referência: R044065/2024
 Julho/2024

NÚMERO (Controle)

REVISÃO

1

NÚMERO CONTRATADA

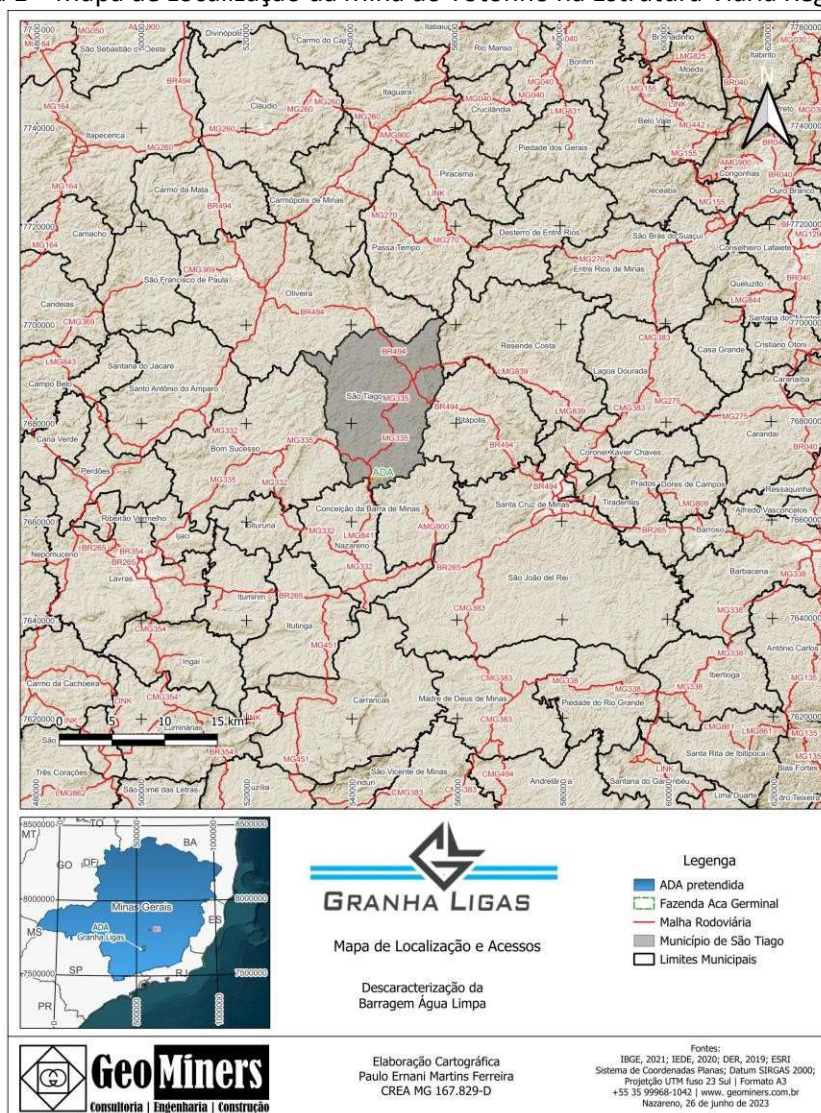
Página 9 de 79

norte da comunidade do Germinal/Minas Brasil na região sudoeste do município de São Tiago, estado de Minas Gerais, Brasil.

Distância aproximadamente 30 km da sede do município de São Tiago. É neste empreendimento que está localizado a Barragem Água Limpa, que está em fase de descaracterização, e para isso, precisará canalizar o curso d'água córrego do Urubu por um total de 882 metros a montante de seu barramento, para posteriormente ser recuperado a bacia de sedimentos que havia sido formado enquanto a estrutura operava como barragem, conforme aprovado junto à FEAM.

Para melhor localização do local e da estrutura que será canalizada, a Figura 1 apresenta a localização do empreendimento.

Figura 1 – Mapa de Localização da Mina do Totonho na Estrutura Viária Regional.



Fonte: O Autor (2023).

5.2. MUNICÍPIO DA REGIÃO

Para que a localização do município aconteça da maneira mais completa possível, alguns conceitos a respeito das diferentes escalas territoriais devem ser compreendidos. A lógica de conceituações empregada em toda a sequência deste relatório utiliza conceitos implantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), criados como método para os recenseamentos realizados pela instituição.

A partir disso, podemos colocar que o Estado de Minas Gerais é composto por doze Mesorregiões Geográficas, que segundo o IBGE “são formadas por conjuntos de municípios contíguos, pertencentes à mesma unidade de federação, que apresentam uma identidade regional originada a partir de formas de organização do espaço geográfico definidas pelas dimensões socioeconômicas, natural e histórica, assim como pela rede de comunicação e de lugares que configuram uma articulação espacial”. (IBGE, 2017).

A área de inserção do empreendimento, localizada no município de São Tiago, pertence à Mesorregião de Campo das Vertentes e a microrregião de São João Del-Rei.

A região do Campo das Vertentes, uma das mesorregiões do Estado de acordo com a classificação do IBGE – Mesorregiões e Microrregiões Geográficas, de 2021 – tem este nome devido ao tipo de vegetação existente e por constituir o divisor de águas de quatro bacias hidrográficas – vertentes.

Esta Mesorregião é uma das unidades que configuram o território mineiro e está na porção central do Estado. É formada pela união de 36 municípios agrupados em 3 microrregiões.

Segundo dados obtidos pelo site do IBGE (IBGE, 2023), o município de São Tiago possui uma área de aproximadamente 572,4 km², com a população no último censo (2022) de 11.192 pessoas, com uma densidade demográfica de 19,55 habitantes/km².

Destaca-se próximo a área do empreendimento duas núcleos populacionais, sendo o mais próximo denominado Germinal/Minas Brasil e o outro núcleo mais ao sul do mapa denominado Cajenga (Figura 2).

Título: Desvio Total do Córrego do Tanque – Descaracterização da Barragem Água Limpa
 Solicitação SEI: 2090.01.0012089/2024-67 | FCE de Referência: R044065/2024
 Julho/2024

NÚMERO (Controle)

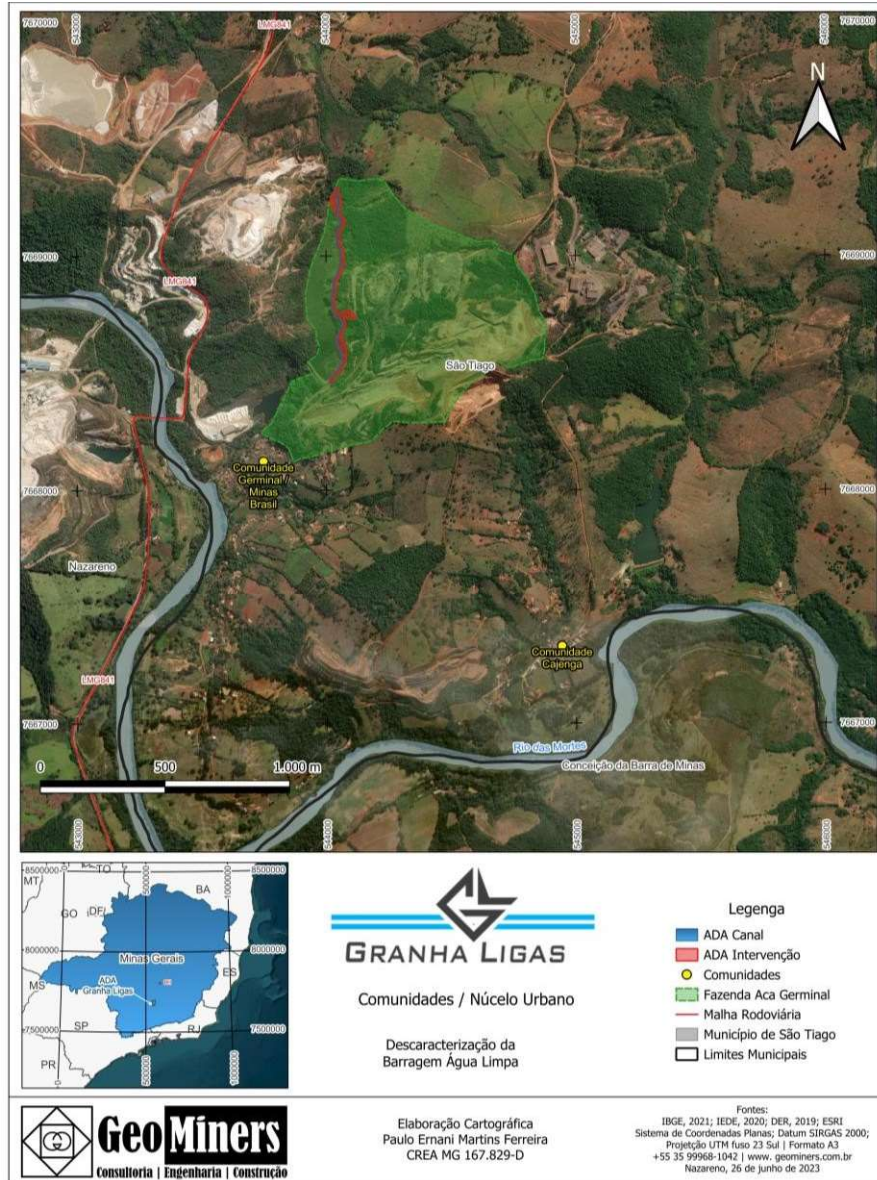
REVISÃO

1

NÚMERO CONTRATADA

Página 11 de 79

Figura 2 – Mapa de Localização com os Núcleos Urbanos próximos à área do empreendimento.



Fonte: O Autor (2023).

5.3. GEOLOGIA

5.3.1. Geologia Regional

A área é coberta pela Folha Nazareno (CPRM) e estar inserida geograficamente na região do Campo das Vertentes. Duas grandes unidades de rochas metamórficas pré-cambrianas, além de corpos ígneos e rochas sedimentares do Cretáceo a Terciário e sedimentos quaternários, afloram regionalmente.

A unidade mais antiga, o embasamento arqueano-paleoproterozóico, inclui complexos gnáissicos, faixas greenstone, remanescentes de corpos máfico-ultramáficos, corpos ultramáficos, plutons de metagabros, metadioritos e granitóides, e sucessões de metafelsitos e metabasitos. Granitóides com idades no intervalo 2,2-2,1 Ga parecem constituir os corpos mais novos do embasamento e são interpretados como relacionados à Orogenia Transamazônica.

A outra unidade pré-cambriana é constituída por megassequências mesoproterozóicas a neoproterozóicas e rochas metaígneas máficas e félsicas associadas. Durante a Orogenêse Brasileira, esta unidade e parte do embasamento foram deformados e metamorfisados, desde a fácies xisto verde até fácies granulito.

O registro fanerozóico inclui maciços sieníticos alcalinos, diques e stocks associados, diques básicos subalcalinos e depósitos aluviais do Cretáceo e do Terciário. Sedimentos fluviais, depósitos de talus e colúvios constituem unidades quaternárias.

Embasamento

Complexos Gnáissicos

Trata-se de gnaisses ortoderivados de composição granodiorítica, tonalítica ou trondhjemitica, cortados por veios de aplitos e pegmatitos, deformados e em parte modificados por anatexia e/ou granulitizados. Inclusões lenticulares ou boudins de corpos anfibolíticos e de rochas ultramáficas, de dimensões até métricas, são comuns.

Os gnaisses são constituídos essencialmente por biotita, plagioclásio e quartzo, com proporções variáveis de hornblenda e, menos freqüentemente, microclina (e.g., biotita gnaisse, hornblenda-biotita gnaisse e hornblenda gnaisse). Estes gnaisses ocorrem na região de Caxambu, entre Minduri e Cruzília, e de Andrelândia, próximo a São Vicente de Minas (Figura 3). No sul de Minas Gerais, têm sido denominados Grupo Mantiqueira (Barbosa, 1954, Ebert 1957 e 1971, Pires 1977, Trouw *et al.* 1986) ou Complexo Mantiqueira (Brandalise 1991).

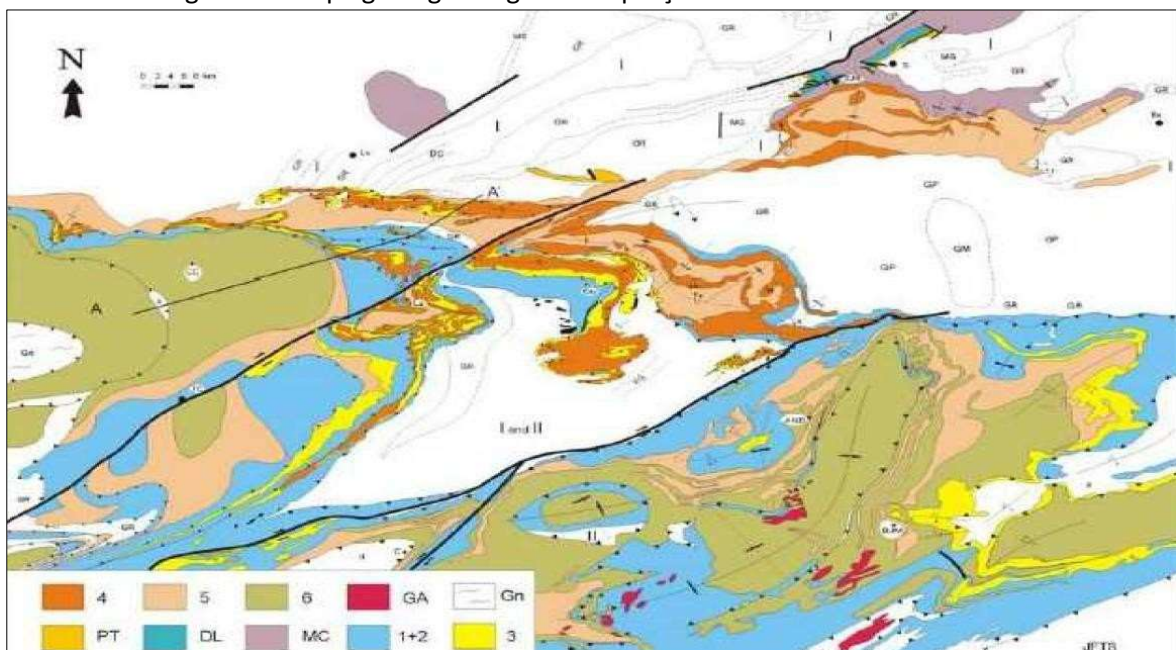
Rochas granulíticas (sensu lato) são pouco comuns. Ocorrem na parte ao norte de Andrelândia, no setor de Santana do Garambéu, e se estendem daí para leste, onde foram incluídas por Brandalise (1991) e Pinto *et al.* (1992) na Suíte Metamórfica São Bento dos Torres. De acordo com estes autores, esta suíte contém rochas charnockíticas, enderbito, norito, hiperstênio diorito e biotita gnaisses com clinopiroxênio e anfibólio (cummingtonita). Na região de Caxambu, granulitos (sensu lato) afloram como lentes tectônicas no setor de Aiuruoca.

Associações de litofácies semelhantes às acima descritas, com idades mesoarqueanas a neoarqueanas (3,2-2,5 Ga), (Teixeira 1993 e Teixeira et al. 2000), ocorrem ao norte de São João Del Rei e na região de Lavras, estendendo-se até Formiga e do Complexo Bonfim, na borda oeste do Quadrilátero Ferrífero. Assim, comparativamente, os gnaisses são interpretados como tendo idades no mesmo intervalo de tempo.

Faixas Tipo Greenstone Belt

As associações litológicas similares a greenstone belts arqueanos afloram na região de São João Del Rei, Lavras e Caxambu, orientadas na direção NE-SW, com foliação principal íngreme, perfazendo até dezenas de quilômetros de extensão por alguns quilômetros de largura (Figura 3).

Figura 3 – Mapa geológico regional da porção sudeste de Minas Gerais.



Fonte: Adaptado por Ferreira (2022) de Ribeiro *et al* (2003).

Unidades do Embasamento

I- Faixas Greenstone;
 II- Complexo Gnáissico;
 GR-Granitóides;
 MG-Metagabro;
 Ms-Supergrupo Minas;
 DC-Diorito Capivari;
 GP-Gnaiss Piedade;
 GM-Gnaiss Sienítico Matola.

Unidades da Cobertura Meso a Neoproterozóica

1+2-Paragnaisse com intercalações de anfibolito, quartzito e xisto;
 3-Mica verde quartzito;
 4-Filito/xisto cinzento com quartzitos subordinados;
 5-Biotita filito/xisto fino;
 6-Biotita xisto/gnaiss grosso com intercalações de anfibolito, quartzitos, gondito e rochas calcissilicáticas;
 GA-Granitos anatóticos;
 PT-Plataforma Tiradentes: Sequências Tiradentes, São José e Tejuco;
 DL-Delta do Lenheiro: Sequência Lenheiro;
 MC-Megasequência Carandaí: Sequências Barroso e Prados;
 Gn-Nappe Guaxupé.

São constituídas por rochas máficas e ultramáficas, vulcânicas e subvulcânicas, e rochas metassedimentares, com variado grau de deformação e metamorfismo de fácies xisto verde a anfibolito. As rochas máficas estão geralmente transformadas em xistos verdes ou anfibolitos e as rochas ultramáficas são representadas essencialmente por serpentinitos, clorita e talco xistos. Têm composição química toleítica ou komatiítica. Os metassedimentos são filitos cinzentos, gonditos, metassiltitos, metawackes, formações ferríferas bandadas, quartzitos e filitos cloríticos.

Existem setores pouco deformados onde estruturas e texturas primárias (e.g., acamamento, texturas granofírica, spinifex e outras) permitem o melhor reconhecimento dos protólitos e da geometria original dos corpos. Em conjunto, as faixas de rochas verdes têm sido denominadas Greenstone Belt Barbacena (Pires, 1978) e correlacionadas ao Greenstone Belt Rio das Velhas do Quadrilátero Ferrífero, cujas vulcânicas félsicas foram datadas em torno de 2,7 Ga (Machado et al. 1992; Machado, Noce 1993).

Corpos Ígneos Plutônicos e Subvulcânicos

Um extenso magmatismo paleoproterozóico, no intervalo 2,2 - 2,1 Ga (Riaciano-Orosiriano), tem sido documentado na região de Lavras e São João Del Rei (Ávila 1992, Ávila et al. 2000, Valença et al. 2000a, b). O magmatismo, de caráter bimodal, está representado por gabros, dioritos, granitóides e subvulcanitos félsicos, intermediários e máficos. A deformação posterior, em geral fraca, ocorreu em fácies xisto verde ou anfibolito baixo. Corpos plutônicos que afloram a leste e nordeste da área foram denominados de Complexo Ressaquinha por Brandalise et al. (1991). Em conjunto, foram denominados de Cinturão Mineiro por Teixeira (1993).

Gabros: Plutons de São Sebastião da Vitória e Vitoriano Veloso

Estes corpos afloram na região de São João Del Rei (Figura 3).

O corpo de São Sebastião da Vitória é um plúton com cerca de 50 km² de área exposta, incipientemente acamadado e com textura cumulática. Está encaixado numa sucessão de anfibolitos, metandesitos e microdioritos deformados em fácies xisto verde médio a alto. O corpo gabróico consiste em rochas mesocumuláticas finas e médias, com predominância de gabronorito sobre leuco-gabronorito e leucogabro. Andesina, augita e hiperstênio constituem cumulados, enquanto hornblenda, magnetita e apatita constituem a fase pós-cumulos. Datações U-Pb em zircão revelaram idade de cristalização de 2,22 Ga (Valença et al. 2000a).

O corpo de Vitoriano Veloso abrange uma área de cerca de 30 km², mas a maioria dos afloramentos são saprólitos. Embora faltem estudos detalhados, foram reconhecidas texturas e variações composicionais semelhantes às do Gabro de São Sebastião da Vitória.

Diorito do Rio Capivari

Este corpo ocorre na região de Lavras e está encaixado em uma sucessão greenstone (DC na Figura 3). Constitui uma faixa de direção NE-SW com cerca de 3 km de largura máxima e algumas dezenas de km extensão. Reúne uma associação de dioritos, quartzodioritos e tonalitos, deformados em fácies xisto verde alto e anfibolito baixo. Em muitos locais, texturas, estruturas e composições originais estão preservadas, mas, em outros, a deformação gerou xistos verdes, anfibolitos e anfibólio gnaisses.

Granitóides

Constituem um conjunto de corpos com variado grau de gnaissificação. Na região de São João Del Rei estão representados por tonalitos, granodioritos (2218 ± 4 e 2187 ± 4 Ma), quartzodioritos (2198 ± 6 Ma), trondhjemitos (2160 ± 10 Ma), dioritos (2128 ± 4 Ma) e granitos (2121 ± 7 Ma), datados pelo método Pb-Pb (evaporação de zircão) por Ávila (1992).

Parte destes corpos se prolonga para sudoeste de Lavras, e para leste e nordeste no Complexo Ressaquinha. Granitóides do embasamento, ainda não datados, aparecem também a sul de São João Del Rei e norte de Andrelândia, nos setores de Madre de Deus de Minas e Piedade do Rio Grande.

Na região de Caxambu, os granitóides constituem uma faixa NE-SW com inúmeras inclusões de rochas ultramáficas. Aparecem também em corpos menores na área de Minduri e em escamas tectônicas brasileiras na área de Caxambu.

Rochas Subvulcânicas e Vulcânicas

São riolitos, riodacitos, granófiros, andesitos a dioritos finos e basaltos que ocorrem na zona de Tiradentes e São João Del Rei, na porção norte de São João Del Rei (SV, Figura 3). As rochas estão pouco deformadas em fácies xisto-verde, com preservação de texturas e estruturas primárias. No entanto, como aparecem muito alteradas e existe vasta cobertura de solos e colúvios, a geometria e extensão dos corpos ainda são desconhecidos.

Em Tiradentes, intercalados em felsitos e basitos, ocorrem camadas de metawackes e metadiamicctitos ricos em fragmentos de felsitos e de filitos cinzentos e negros. Estas rochas podem ser interpretadas como depósitos de fluxos de detritos vulcanoclásticos e tufos associados, de encostas de edifícios vulcânicos.

Granófiros que ocorrem na base da Serra do Lenheiro forneceram idades de 2,19 Ga (UPb em zircão) e 2192 ± 4 Ma (Pb-Pb, evaporação de zircão; Valença et al. 2000a, Ávila et al. 2000). Segundo Valença e colaboradores (inédito), os dados radiométricos, quando analisados em conjunto, mostram pelo menos três episódios de atividade ígnea na área de São João Del Rei: 2220-2180 Ma, representado por uma suíte magmática com gabros, granodioritos e granófiros; 2175-2170 Ma, representado por trondhjemitos e tonalitos; e 2150-2120 Ma, registrado em dioritos, tonalitos e granitos.

Remanescentes de Corpos Máfico-Ultramáficos

Ocorrem na porção nordeste de São João Del Rei, no setor de Prados e se prolongam para leste, na região ao norte de Dores de Campos. Trata-se de remanescentes de sucessões, localmente acamadadas, de rochas gabróicas e ultramáficas em fácies xisto verde alto ou anfíbolito baixo. Estes corpos estão encaixados em anfíbolitos finos. Foram identificados recentemente (2001) e os trabalhos iniciais estão em andamento através de uma tese de mestrado orientada por Joel Valença (UFRJ).

Gnaiss Piedade

Este gnaiss foi assim denominado por Ebert (1956) na sua área-tipo, em Piedade do Rio Grande, região sul de São João Del Rei. Os afloramentos de rochas frescas são escassos, predominando saprólitos.

A unidade aparece mostra mergulho baixo para sul e se prolonga para nordeste em direção a Santos Dumont, onde forneceu idade Rb-Sr em rocha total de 1,8 Ga ($R_i = 0,707$) (Machado Filho et al., 1983). Trata-se de rochas de grão médio e fino, compostas essencialmente por quartzo, feldspatos e biotita, distribuídos em camadas tabulares geralmente delgadas (1-10 m), cinza escuro quando ricas em biotita e cinza claro se ricas em quartzo e feldspastos. Ocorrem também esporádicas intercalações de anfíbolitos, delgadas até espessas (> 1 m). A sucessão de leitos gnáissicos, tabulares e paralelos, resulta na estrutura usualmente descrita como gnaiss bandado.

As rochas em cada tipo de banda têm foliação gnáissica plana, geralmente definida por lâminas de quartzo e feldspatos, com uma lineação de estiramento associada. Delgadas lentes assimétricas de quartzo (veios de quartzo) ou de feldspatos (porfiroclastos) constituem indicadores cinemáticos que evidenciam transporte tectônico de topo para N ou NW. As estruturas e a textura parecem resultar de processos de deformação intensa, que gerou gnaisses miloníticos.

Gnaisse Sienítico da Serra das Matolas

Esta unidade constitui um maciço de forma alongada na direção N-S, que ocupa uma área de pelo menos 30 km² na região meridional de São João Del Rei. São gnaisses alcalinos (metassienitos de Ebert, 1956) compostos essencialmente por feldspatos rosado e cinza claro, piroxênio e/ou anfibólio verde e pouco quartzo.

Coutinho (1968) reconheceu bandas melanocráticas shonkiníticas ricas em aegirina-augita. A foliação, em geral de baixo mergulho para sul, é uma laminação milonítica bem definida, contendo lineações de estiramento e mineral de caimento down dip.

O maciço de gnaisse sienítico parece constituir uma escama tectônica sub-horizontal, como sugerido por Ebert (1956). Seus protólitos devem ter sido rochas ígneas alcalinas, possivelmente até mesmo efusivas, como sugerido por Coutinho (1968).

Apesar de ambos os gnaisses, Matola e Piedade, estarem fortemente deformados e apresentarem abundantes fácies miloníticas, assim como Ebert (1956) ainda não sabemos se o tectonismo que atingiu estas unidades está relacionado à Orogênese Brasileira (Algonquino, na terminologia de Ebert) ou a evento mais antigo.

Megassequências Meso/Neoproterozóicas

As unidades litológicas e as discordâncias que constituem e definem as megassequências ocorrem em três domínios tectônicos: um autóctone (domínio I) e dois alóctones (domínios II e III), (Ribeiro *et al*, 1990).

O domínio autóctone localiza-se na borda da área cratônica e inclui as unidades que ocorrem na região de Carandaí-São João Del Rei-Lavras. Neste domínio, a composição, texturas e estruturas primárias estão parcialmente preservadas, facilitando o reconhecimento dos protólitos, da geometria de corpos e de discordâncias. Em decorrência disto, foram definidas sequências deposicionais (Sloss, 1963) que representam bacias sedimentares proterozóicas, denominadas São

João Del Rei (1,8-1,3 Ga), Carandaí (1,3-1,0 Ga) e Andrelândia (1,0-0,6 Ga), (Andreis et al. 1989, Ribeiro et al. 1995, Ribeiro 1997).

O atual estado do entendimento destas sucessões metassedimentares permite delinear um cenário no qual discordâncias regionais importantes separam três grandes eventos sedimentares superpostos, relacionados ao preenchimento destas bacias proterozóicas. O fato de cada evento sedimentar conter interrupções no seu registro, hoje representadas por discordâncias intraformacionais, e também pela dificuldade de se definir os limites das bacias proterozóicas, sugere-se o abandono do termo “bacia proterozóica” em detrimento aos termos “megassequência e sequência deposicional” (Sloss 1963).

Desta forma, os três grandes eventos sedimentares proterozóicos estão representados pelas megassequências São João Del Rei, Carandaí e Andrelândia, cada uma delas com suas respectivas sequências deposicionais, como descrito nos itens a seguir.

Megassequência São João Del Rei

É constituída por uma sucessão quartzítica, com cerca de 1.000 m de espessura, que aflora nas serras de São José, Tiradentes e Lenheiro, na região de São João Del Rei (Figura 3).

Discordâncias internas permitem reconhecer, da base para o topo, quatro sequências deposicionais: Tiradentes, São José, Tejuco e Lenheiro. As três primeiras têm cerca de 150 m de espessura, a última 500 m, aproximadamente.

Estas sequências estão cortadas por diques máficos (metabasitos) de tendência alcalina, orientados na direção NEE-SWW. Suas rochas mostram deformação fraca, dada pelo desenvolvimento de uma clivagem ardosiana, geralmente em ângulo acentuado com o acamamento. O metamorfismo é caracterizado pela presença de cianita em filmes pelíticos e veios de quartzo, e por escasso cloritóide em metarenitos quartzolíticos. Além disso, um enxame de veios de quartzo subverticais, de direção N-S, corta a toda a sucessão.

Sequência Tiradentes: Esta unidade aparece em discordância, ora angular, ora litológica, sobre o embasamento. Na sua base ocorrem conglomerados quartzolíticos (seixos de quartzo de veio, quartzitos, siltitos e formação ferrífera) maciços ou com estratificação horizontal e quartzitos grossos (metaquartzarenitos) com laminação plana de alta energia. Sobre esta fácies aparecem parasequências definidas por ciclos de quartzitos com estratificação cruzada e com marcas de onda.

Uma desconformidade, identificada no campo pelo contato basal de uma camada de grânulo quartzito, com fragmentos de quartzito e quartzo, representa o limite superior da sequência (limite de sequência do tipo 1 - exposição e erosão da plataforma). As sucessões e associações de litofácies sugerem depósitos de plataforma rasa (shoreface e foreshore).

Sequência São José: Trata-se de uma sucessão dominada por ciclos compostos por dois tipos de camadas: a) médias a espessas (30 cm a 1 m) com estratificação cruzada planar, muitas de tipo espinha-depeixe com superfícies de reativação, e; b) espessas ou muito espessas (> 1 m) com estratificação cruzada acanalada ou tabular planar. Estratos com marcas de onda, de corrente e simétricas, e com laminação plana intercalamse esporadicamente nas outras fácies. Em muitos locais, os quartzitos estão recristalizados e “silicificados”, dificultando o reconhecimento das estruturas. Desconformidades de base e topo, como descritas acima, caracterizam limites de sequência do tipo 1 (exposição e erosão da plataforma). As sucessões e associações de litofácies sugerem depósitos de plataforma rasa (*shoreface*) dominada por ação de marés.

Sequência Tejuco: É constituída por uma sucessão de quartzitos com intercalações de lentes pelíticas (filitos cinzentos ou esverdeados), que alcança cerca de 180 m de espessura. Sobrepostos, aparecem até 10 m de fácies heterolíticas, constituídas por quartzitos com marcas de onda e recobrimentos pelíticos. Gretas de ressecamento sugerem ambiente de intermaré. Localmente, ocorrem calcários estromatolíticos. As sucessões e associações de fácies mostram a progradação de um sistema lagunar com planície de maré (fácies heterolíticas) sobre fácies de submaré (quartzitos inferiores). A sequência é limitada na base por uma desconformidade, definida no campo pelo contato basal de uma camada de quartzitos grossos com grânulos e seixos finos de quartzitos e quartzo. O topo da sequência é definido por uma concordância relativa (paraconformidade), definida no campo pelo contato basal de metapelitos da Sequência Lenheiro, e interpretado como um limite de sequência tipo 2.

Sequência Lenheiro: É constituída por uma sucessão granocrescente e estratocrescente para o topo, que inclui metargilitos e metassiltitos na base, seguidos por quartzitos finos que gradam para quartzitos seixosos e conglomerados quartzolíticos. O topo da sequência está delimitado por uma discordância angular, representada pelo contato de metapelitos da Megassequência Carandaí

que recobre as sequências anteriores (Figura 3). O empilhamento e associações de fácies permitem interpretar a Sequência Lenheiro como uma sucessão deltáica do tipo delta de rio entrelaçado: o Delta do Lenheiro. As paleocorrentes fluviais, dirigidas para NW, mostram ascensão de áreas imersas da antiga plataforma Tiradentes, a SE. As sequências Tiradentes, São José e Tejuco registram o estabelecimento de uma plataforma epicontinental sobre o embasamento denudado: a Plataforma Tiradentes. O predomínio de paleocorrentes para NE e de cristas de marcas de onda NE-SW (média 60-240), nas três sequências, indicam linha de costa NE SW e correntes litorâneas subparalelas, na época de sedimentação. A Sequência Lenheiro registra uma inversão da paleopendente regional e conseqüente acomodação para um delta entrelaçado. A inversão de relevo marca uma fase precoce de rifteamento, que culminou com a intrusão de diques máficos, basculamento de blocos e erosão.

Diques Máficos: A Megasequência São João Del Rei está cortada por um exame de diques máficos subverticais de direção dominante NEE-SWW, que alcançam espessuras de 60 m e são traçáveis continuamente por até cerca de 15 km na Serra de São José. São metabasitos, a maioria finos, metamorfisados em fácies xisto verde, compostos essencialmente por clorita e sericita, além de menor porporção de quartzo. Plagioclásio geralmente sericitizado e pseudomorfos cloríticos de piroxênios aparecem como antigos fenocristais. Glomeropórfiros de apatita e abundante rutilo ocorrem em várias amostras. Trata-se de rochas metaígneas de composições químicas transicionais entre subalcalinas e alcalinas.

Megasequência Carandaí

Esta unidade aflora na zona de Ijaci-Macaia, Lavras, no norte de São João Del Rei (Figura 3), e daí para leste, em direção a Barroso e nordeste, rumo a Carandaí.

A Megasequência Carandaí inclui duas sequências separadas por uma superfície paleokárstica: Barroso, inferior e rica em calcários; e Prados, superior, pelítica. Estas sequências aparecem em discordância angular sobre os quartzitos de São João Del Rei ou sobre o embasamento e são recobertas por unidades da Megasequência Andrelândia. As rochas apresentam-se metamorfisadas em fácies xisto verde com biotita. Geralmente, estão pouco deformadas, com clivagem ardosiana ou de crenulação, bem desenvolvidas nos pelitos.

Sequência Barroso: É constituída, na base, por metadiamicritos e metawackes seixosas, com matriz de biotita-filito, que passam verticalmente a filitos carbonosos e calcifilitos (metamargas), seguidos por espessos calcários com intercalações de calcifilitos e biotita filitos. O topo da sequência está delimitado por uma superfície paleokárstica, de extensão regional. Os metadiamicritos são interpretados como depósitos de fluxos de detritos em borda de bacia, durante trato de sistema transgressivo; os filitos que os recobrem, como pelitos de seção condensada gerados no período de inundação máxima; os calcáreos representariam uma plataforma/rampa carbonática gerada num trato de sistema de mar alto.

Sequência Prados: Esta sequência inclui quatro unidades pelíticas. Na base, um empilhamento de camadas tabulares delgadas e lâminas planas compostas por pelitos maciços, gradados (siltito a argilito) ou laminados, cinzentos ou esverdeados. Frequentemente, unidades deste tipo são referidas como pelitos laminados. A unidade média é um grafita filito, aparentemente maciço, explorado comercialmente devido ao alto teor de grafita. No topo existe uma sucessão de lâminas de pelitos maciços ou laminados, geralmente amarelados, que gradam verticalmente para filitos acinzentados. Os pelitos da Sequência Prados registram o afogamento da plataforma carbonática da Sequência Barroso.

Megassequência Andrelândia

Esta unidade é uma sucessão metassedimentar com rochas meta-ígneas máficas associadas, que se apresentam com variado grau de metamorfismo, desde a fácies xisto verde até fácies granulito de alta pressão.

Megassequência Andrelândia inclui xistos, gnaisses, quartzitos, filitos, anfibolitos, gonditos e rochas calcissilicáticas. Estas rochas aparecem no domínio tectônico autóctone, nas regiões de Lavras e São João Del Rei.

Na parte sul da região, nas zonas de fácies anfibolito e granulito, ocorrem migmatitos e granitos derivados dos metassedimentos. Nas nappes, geralmente próximo aos empurrões, ocorrem corpos de rochas ultramáficas e retro-eclogitos.

Por estar desmembrada pela tectônica, a Megassequência Andrelândia foi reconstituída pela interpretação da distribuição de suas associações de litofácies e pelo entendimento da geologia estrutural (Paciullo, 1997). Assim, a unidade é considerada como composta pela Sequência

Carrancas, inferior, e pela Sequência Serra do Turvo, superior. Ambas gradam lateralmente para sucessões distais semelhantes, mas com intercalações de fácies pelágicas.

Sequência Carrancas: Esta sequência aparece de forma desmembrada e ocupando posições no domínio autóctone e nos sistemas de nappes.

A Sequência Carrancas inclui, da base para o topo, quatro unidades:

- 1) Paragnaisse bandados com intercalações de anfíbolitos. São interpretados como arenitos feldspáticos continentais (sensu lato) e turbidíticos, depositados em período de trato de sistema de mar baixo, acompanhados de atividade ígnea máfica (toleítos de ambiente intraplaca continental e MORB enriquecido);
- 2) Paragnaisse bandados com intercalações de anfíbolitos, quartzitos e filitos cinzentos. São interpretados como parasequências retrogradacionais depositadas em trato de sistema transgressivo;
- 3) Quartzitos e intercalações delgadas de xistos, ambos ricos em mica esverdeada. São interpretados como parasequências agradacionais plataformais (shoreface) depositadas em trato de sistema transgressivo;
- 4) Filitos e xistos cinzentos com intercalações quartzíticas. São interpretados como sedimentos depositados em trato de sistema de mar alto em ambiente plataformal distal (*offshore*).

Sequência Serra do Turvo: Esta sequência ocorre sobre unidades da Sequência Carrancas (Megassequência Andrelândia), da Sequência Prados (Megassequência Carandaí) e do embasamento. Este recobrimento é interpretado como uma discordância basal, do tipo desconformidade, que delimita a base da Sequência Serra do Turvo.

O registro preservado é uma espessa sucessão representada por duas unidades litológicas feldspáticas:

- 1) Nos domínios alóctones está representada por biotita xisto de granulação fina e sem bandamento (homogêneo), metamorfoisado em fácies anfíbolito e granulito. Ocorre tipicamente na forma de grandes lajedos escuros que sobressaem na topografia. Nas porções basais da sucessão, numa pedreira de biotita xisto do setor de Madre de Deus, são encontrados fragmentos isolados de granitóides do embasamento, de tamanhos variados, que foram interpretados como seixos pingados por Paciuлло (1997);
- 2) No Domínio Autóctone (faixa Carmo da Cachoeira-Itumirim-Barbacena) está representada por clorita-biotita filitos, metamorfoisados em fácies xisto-verde, que recobrem litofácies das sequências Carrancas e Prados, bem como rochas do embasamento. A unidade é interpretada como constituída, na base (nos setores dos domínios alóctones), por

turbiditos pelíticos com seixos pingados e, no topo (setores do domínio autóctone), por pelitos hemipelágicos depositados em períodos de mar baixo e mar alto, relacionados a variações glacio-eustáticas (da glaciação Ripheana), (Paciullo 1997);

- 3) Biotita xisto a gnaiss, de granulometria grossa, com intercalações de anfíbolito, gondito e rochas calcissilicáticas, metamorfisados em fácies anfíbolito e granulito. Trata-se de um litótipo mais xistoso e com mais minerais metamórficos que as rochas da unidade anterior, portanto, mais pelítico. Ocorre somente nos domínios alóctones, nas nappes superiores, e geralmente intercalado com a biotita xisto fino. São interpretados como fácies depositadas nas porções distais da bacia. A natureza e a distribuição regional das associações de litofácies, tanto no domínio autóctone como nos sistemas de nappes, aliados ao caráter geoquímico dos anfíbolitos, sugerem que a Megassequência Andrelândia seja o registro da sedimentação em uma bacia de margem continental passiva. Além disso, indicam o depocentro da bacia a SSW e áreas continentais a NNE.

Distrito Pegmatítico de São João Del-Rei

Os pegmatitos da região de São João Del-Rei são ricos em estanho, tântalo e lítio, e diferem-se dos demais pegmatitos de Minas Gerais por serem mais antigos, de idade provável Transamazônica.

Essa região é composta geograficamente por dois grupos de depósitos minerais, o do Vale do Rio da Morte e a região de Cristiano Otôni (Quéméneur, Baraud 1983).

A área do Vale do Rio da Morte compreende pegmatitos que se estendem por 40 km x 10km na direção E-W, paralelamente à direção do vale, entre os municípios de Nazareno, Ritópolis e Coronel Xavier Chaves. Esses pegmatitos pertencem ao Distrito Pegmatítico de São João Del Rei, que comporta três campos pegmatíticos, o campo de Ritópolis, Conceição da Barra e o de Volta Grande.

De um ponto de vista econômico, ele está essencialmente explorado em Volta Grande para tântalo e estanho. Contudo, existem alguns garimpos de exploração esporádica nos outros campos. A primeira ocorrência de cassiterita foi descoberta em 1940 pelo Frei Norberto de Beaufort que enviou um fundo de bateia ao DNPM que, por sua conta, realizou um amplo programa de pesquisa com os geólogos I.S. Coelho, D. Guimarães e S.V. Guedes entre 1942 e 1950.

O campo pegmatítico de Ritópolis é composto por um único grupo de pegmatitos localizados a leste, sul e oeste do maciço. São corpos de pequenas dimensões em forma de veios ricos em estanho e pouco tântalo e possuem via de regra berilo. São pegmatitos simples encaixados nas rochas arqueanas e nos granitóides TTG transamazônicos, em particular no granodiorito-tonalito

de Pilões (Quéméneur & Gracia 1993). Estes veios foram mais particularmente explorados pela cassiterita no Val. Do Córrego do Paiol. Existe um garimpo em atividade perto do povoado de Ramos. Os pegmatitos desta área parecem ser corpos pouco fracionados sendo principalmente constituídos por feldspato potássico, quartzo, albita e muscovita além de berilo verde Destaca-se a ausência de espodumênio nestes corpos.

O campo de Conceição da Barra que se estende entre a Fazenda Rio do Peixe e a Fazenda Monjolo é constituído por vários tipos morfológicos de corpos, entre eles destacam-se veios anastomosados na área da Barra, veios tabulares verticais em Manoel Inácio, corpos lenticulares de baixo mergulho em Monjolo. A forte alteração intempérica não permite, da mesma maneira como em Ritópolis, determinar com certeza sua composição mineralógica. Considerando o que se vê em Monjolo esses pegmatitos são provavelmente formados por quartzo, albita, feldspato potássico, espodumênio e muscovita. Existe uma exploração de tipo garimpo perto da escola da fazenda Monjolo onde se extrai microlita, tantalita e cassiterita. A forte proporção de microlita caracteriza este campo.

O campo pegmatítico de Volta Grande é formado por corpos lenticulares complexos de grandes dimensões que apresentam zoneamento assimétrico incomum, cujo mergulho variam de 0 a 40 S. O maior corpo encontrado, denominado Corpo A, tinha por dimensões 1200x120x20 m antes da sua exploração. O corpo Minas Brasil formava junto com o Corpo C um pegmatito com dimensões muito próximas da do Corpo A. Grande parte dos pegmatitos de Volta Grandes estão pouco intemperizados, o que permite propor uma mineralogia mais precisa seja: quartzo 30%, albita 25-30%, microclina 15- 20%, espodumênio 10-15%, muscovita- lepidolita 5-10%. Os principais minerais acessórios são: granada, apatita, tantalita, cassiterita, microlita, magnetita e ilmenita. Berilo e turmalina são raramente encontrados (Lacache & Quéméneur 1997). A maioria dos corpos apresenta uma importante zona aplítica de albita fina na borda; uma zona maciça com espodumênio, quartzo, albita, microclínio e muscovita; uma zona interna com grandes cristais de espodumênio, com ou sem lepidolita e quartzo A mineralogia e a estrutura interna desses pegmatitos permitem classifica-los na categoria dos pegmatitos albitaespodumênio segundo a classificação de Černý (1992). Eles são caracterizados pela predominância de zonas ricas em espodumênio e a presença de unidades aplíticas, onde cristais de espodumênio e K-feldspato apresentam orientação preferencial. Normalmente encontram-se encaixados discordantemente em rochas gnáissicas ou concordantemente às estruturas dos anfíbolitos arqueanos (Quéméneur

& Baraud 1983). A auréola de contato, com largura variável de 2 a 3 m, apresenta uma fina camada de zinnwalditagemerita e uma fácies com holmsquitita e zinwaldita disseminadas (Quéméneur & Lacache 1994).

No distrito pegmatítico de São João Del Rei existem dois plútons granitóides (Quéméneur & Baraud 1983), o granito de Bom Sucesso, associado a migmatitos, e granitos novos, posteriores aos anfibolitos, divididos nos maciços de Tabuões, Ritapólis e Cassiterita e que pertencem ao complexo granítico denominado de Batólito São Tiago. Esse complexo seria responsável pela formação dos pegmatitos portadores de estanho e tântalo localizados a sudoeste e leste dos maciços (Francesconi 1972).

5.3.2. Geologia Local

Contexto Geológico

O intemperismo intenso e profundo afeta as rochas da região, tornando escassos os afloramentos. Portanto a verificação da natureza dos solos é necessária.

Na área em questão o substrato é totalmente dominado por anfibolitos finos e anfibólíoxistos. Em relação a tal unidade litológica, o solo se apresenta com coloração vermelha, escura devido à percentagem elevada de óxidos de ferro provenientes da alteração dos minerais máficos originais. Além da coloração, esses solos apresentam textura peculiar, constituída de uma matriz argilosa predominante.

Estruturalmente os anfibolitos mostram-se orientados segundo N50E a N80E, sendo o mergulho de moderado a alto e dominante para SE. Localmente observam-se mergulhos com sentido NW, gerando assim por vezes uma sucessão de pequenos antiformes e sinformes.

O contato entre estes corpos manganésíferos e as encaixantes é concordante, sendo ora brusco, ora gradacional. Estruturalmente estes corpos se apresentam concordantes com os anfibolitos e anfibólíoxistos, sendo orientados de N50E a N80E, e com mergulhos moderados a altos, entre 35° e 70°. Estes corpos exibem magnitudes entre 1,5m a 9m de espessura, e são exclusivamente de natureza sílico-carbonática.

Microscopicamente os anfibólíoxistos mostram grande homogeneidade quanto à composição mineralógica. O anfibólíox do tipo hornblenda e o plagioclásio perfazem um total aproximado de 80 a 85% da composição modal da rocha. A granulação do plagioclásio oscila entre 0,1mm e 0,5mm,

enquanto o anfibólio varia de 0,3 a 0,7mm. O quartzo ocorre subordinadamente, ora em grãos fraturados ora em grãos límpidos, dependendo da localização, nunca ultrapassando 5%. Os acessórios são constituídos freqüentemente por titanita, e alguns opacos.

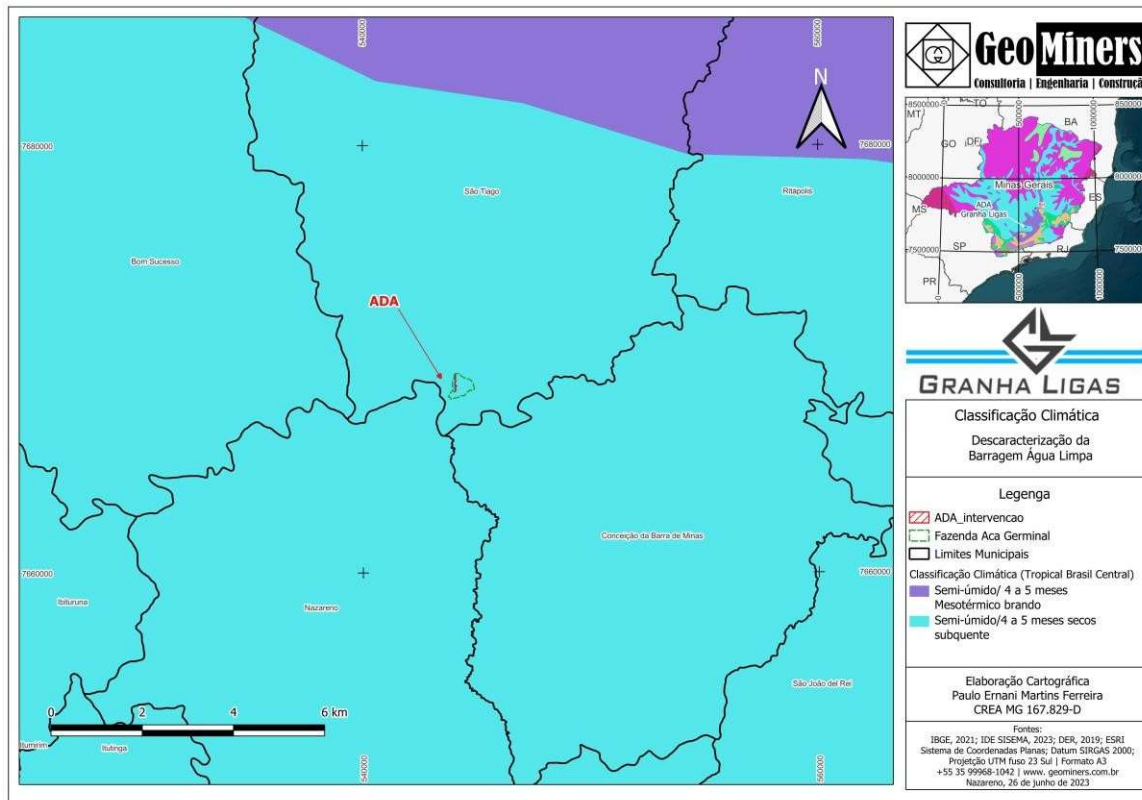
Nessa área são observados quatro corpos mineralizados em manganês, que são paralelos entre si na direção NE/SW com mergulhos altos para S. A seguir será feita a descrição desses corpos:

- **Corpo Principal:** Situado no setor sudeste da área em foco, em local de antigas lavras este corpo segue orientado NE70, exibindo mergulhos que variam desde 65° a 70° sentido SE. Esse corpo manganífero apresenta indícios de comprimento em torno de 1200metros, largura variável entre 07m e 15m. Este corpo exhibe profundidade variante entre 10m a 30m, profundidade observada em frentes de lavras paralisadas dentro da área e em áreas vizinhas;
- **Corpo do Marcelo:** Situado no setor centro sul da área em foco, próximo ao Veio Principal (possivelmente uma apófise do mesmo) o veio do Marcelo se encontra orientado segundo N80E, exibindo mergulho sentido SE, de magnitude 70°. Os indícios de afloramentos deste veio indicam um comprimento diagnosticado de 600 m, sendo sua largura variável entre 04 e 06 metros e profundidade que varia entre 10m e 30m, diagnosticadas por meio de análises visuais, observações realizadas ao longo de poços de pesquisa, trincheiras e das frentes de lavras paralisadas disponibilizadas pela Granha Ligas Ltda.;
- **Corpo do Zé do Neca:** Este corpo corta toda a área e se encontra orientado segundo N60E, com mergulhos entre 65° a 70° sentido S E. Apresenta indícios de comprimento de 1500 metros, largura que varia entre 5m a 8m e profundidade variante entre 10m a 30m, diagnosticadas por meio de análises visuais;
- **Corpo do Sebastião da Várzea:** Esse corpo aflora no quintal da casa de um morador de mesmo nome localizada no extremo Noroeste da área, se encontra orientado segundo N70E, com mergulhos variando entre 60° a 70° sentido S, seguindo nessa direção até a extremidade Nordeste da mesma. Esse corpo devido ao espesso pacote de solo que o recobre, apresenta poucos locais aflorantes, apenas nas duas extremidades da área. Aparentemente ele apresenta comprimento de 500m, largura variante entre 3,5m e 7,5m e profundidade que varia de 8m a 20m, diagnosticadas por meio de: análises visuais e observações realizadas ao longo de poços de pesquisa, trincheiras e frentes de lavras paralisadas disponibilizadas pela Granha Ligas Ltda.

5.4. CLIMA

De acordo com a classificação do IBGE na figura a seguir, a área de estudo localiza-se no domínio climático “Semi -Úmido – mesotérmico brando” que apresenta de 4 a 5 meses de seca e temperatura média entre 10° e 15° C em pelo menos um mês do ano, Figura 4.

Figura 4 – Classificação Climática da Região do Empreendimento Segundo IBGE.



Fonte: O Autor (2023).

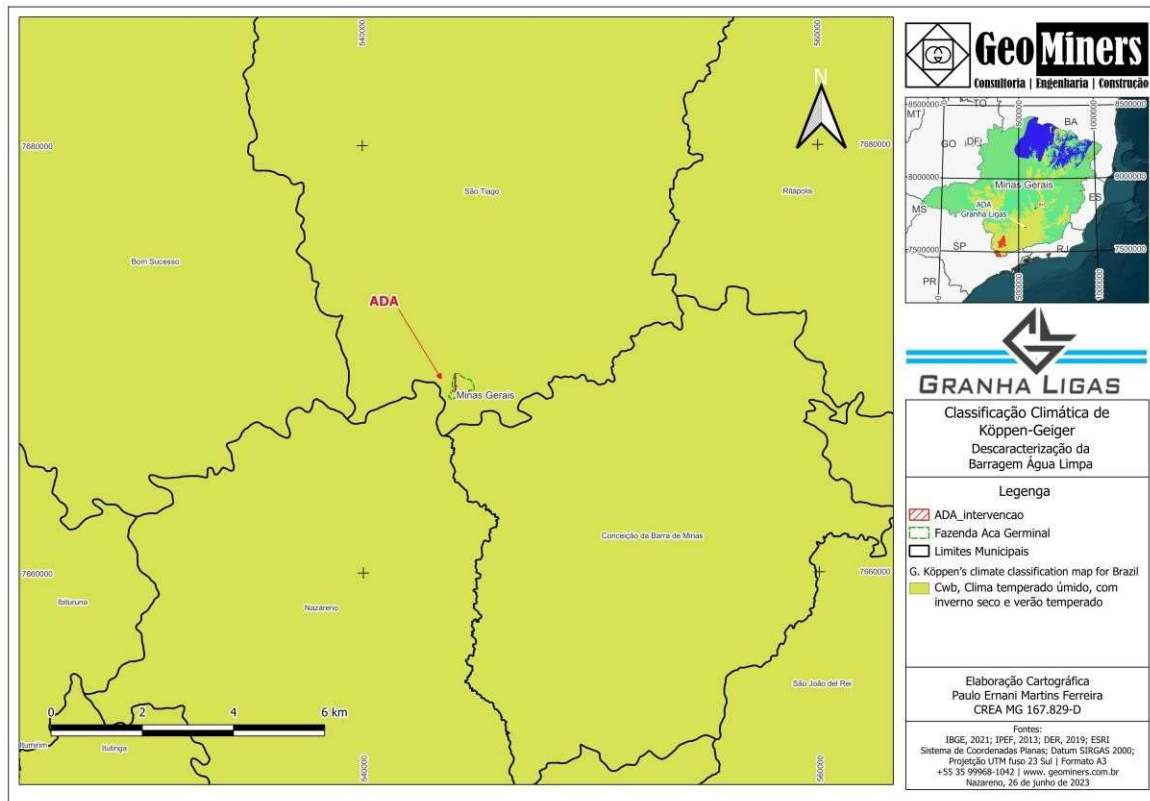
Essa classificação indica que na região do empreendimento há duas estações no que tange o clima e pluviosidade, sendo uma seca e outra chuvosa. Isso ocorre principalmente pela influência da circulação atmosférica, própria das áreas que possuem altos índices de insolação durante a maior parte do ano. O regime de seca ocorre durante o inverno e a concentração pluviométrica ocorre no verão.

Ainda, a região em estudo apresenta uma significativa variação térmica. O clima da região é, na classificação de Koppen, tropical de altitude (Cwb), clima temperado úmido, com invernos secos e verões temperados.

Nos meses mais frios as médias diárias situam-se entre 13° e 15° C e, nos meses mais quentes, entre 20° e 22° C. No entanto, nos últimos anos, é notório o aquecimento da sede do município nos verões, com grande parte de sua área impermeabilizada, como resultado da urbanização carente de planejamento e equilíbrio no uso do solo.

O mapa com as Unidades Climáticas na região da Barragem Água Limpa pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 – Classificação climática da região do empreendimento segundo Köppen-Geiger.



Fonte: O Autor (2023).

5.5. GEOMORFOLOGIA

5.5.1. Geomorfologia Regional

A área em estudo se localiza na porção centro-sul do Estado de Minas Gerais e está inserida na região geomorfológica denominada Planalto do Centro Sul de Minas, na unidade geomorfológica definida como Planalto de Oliveira, conforme a Figura a seguir, sendo que próximo à região ainda existe o compartimento geomorfológico Planaltos de Leste de Minas. Os dados apresentados para a descrição geomorfológica que se segue foram extraídos do Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais desenvolvido pelo CETEC (1983).

Planaltos do Centro Sul de Minas

Esta unidade de relevo ocupa grande extensão no Estado de Minas Gerais, e estende-se desde as proximidades da Serra da Canastra, no sul, por todo o leste e extremo nordeste, ultrapassando os limites estaduais. Engloba parte do médio vale do rio Jequitinhonha, as cabeceiras do rio Mucuri e a maior parte da bacia do rio Doce, onde é dividida pela Depressão Interplanáltica do Rio Doce.

Os planaltos dissecados, caso que se aplica à unidade geomorfológica em análise, abrangem grande parte do interflúvio das bacias dos rios São Francisco e Grande, e a maior parte das encostas das serras do Espinhaço e da Mantiqueira.

A dissecação fluvial atuante nas rochas predominantemente granito-gnáissicas do embasamento Pré-Cambriano, resultou em formas de colinas e cristas com vales encaixados e/ou fundo chato, de maneira generalizada em toda a extensão dos planaltos.

No setor leste a dissecação fluvial produziu um relevo peculiar em afloramentos rochosos: os pontões e mornes, que ocorrem isolados, associados às colinas, ou em grupamentos. Os principais grupamentos de pontões relacionam-se com a rede de fraturas e falhas de direção NE, e estão orientados nas mesmas direções dos fraturamentos. Alguns trabalhos correlacionam os pontões a uma fraturação tectônica.

Entre as características morfológicas do setor leste dos planaltos dissecados, destacam-se os alinhamentos de cristas na direção geral N-S, interceptados pela drenagem do rio Doce e afluentes.

O contato com o Planalto Jequitinhonha é gradativo, havendo interpenetrações de topos com coberturas detríticas – característicos do Planalto Jequitinhonha-Rio Pardo, com as formas côncavo-convexas dos Planaltos Dissecados. Esse trecho do planalto apresenta um caimento de oeste para leste, com altitudes que variam de 400m a 800m.

No setor meridional, os planaltos dissecados apresentam contato particularmente nítido com a Serra do Espinhaço, Serra da Canastra, Quadrilátero Ferrífero e com as depressões vizinhas, excetuando-se alguns trechos da Depressão do Rio Grande, onde se observa uma grande semelhança entre as formas de relevo e as cotas altimétricas das duas unidades.

Embora não seja tão marcante como no setor leste, observam-se nesta área condicionamentos tectônicos na conformação do relevo, determinando uma adaptação parcial da drenagem e um alinhamento de cristas segundo as direções preferenciais do Pré-Cambriano. As altitudes são muito variáveis. Na zona de encosta da Mantiqueira e Serra do Espinhaço, encontram-se cristas a 1000m e 1200m, sendo que nos vales a altitude varia de 750m a 800m.

Depressão Rio Grande

É um amplo compartimento rebaixado de relevo, desenvolvido ao longo da drenagem do Rio Grande, que ocupa grandes extensões no Sul de Minas e pequena parte do Triângulo Mineiro. Em seu desenvolvimento esta unidade isolou trechos do Planalto Dissecado do Sul de Minas, e promoveu o recuo erosivo das camadas areníticas e basálticas da Bacia Sedimentar do Paraná.

O setor meridional da depressão, caracterizado por um relevo de colinas com altitude média de 1000m, delimita-se com a Serra da Mantiqueira, ao sul, com os Planaltos Dissecados do centro Sul e do Leste de Minas, ao norte e a leste, e com o Planalto Dissecado do sul de Minas, a oeste. A parte noroeste do setor meridional é ocupada em extensas áreas pela barragem de Furnas, e isola um amplo bloco da Serra da Canastra.

Entre a Serra da Canastra e o Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná, a depressão é do tipo periférica, e apresenta também relevo de colinas, com altitudes dominantes em torno de 800m. Nesse setor encontram-se as barragens de Peixoto e de Estreito, e a conformação é alongada, com disposição geral NO-SE.

O setor noroeste da Depressão do Rio Grande é interplanáltico, e seus limites em Minas Gerais são pouco nítidos, apresentando, por vezes, passagens gradativas para os compartimentos mais rebaixados do Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná. As altitudes predominantes na área variam entre 550 e 580m, sobre formas mistas de aplainamento e dissecação fluvial.

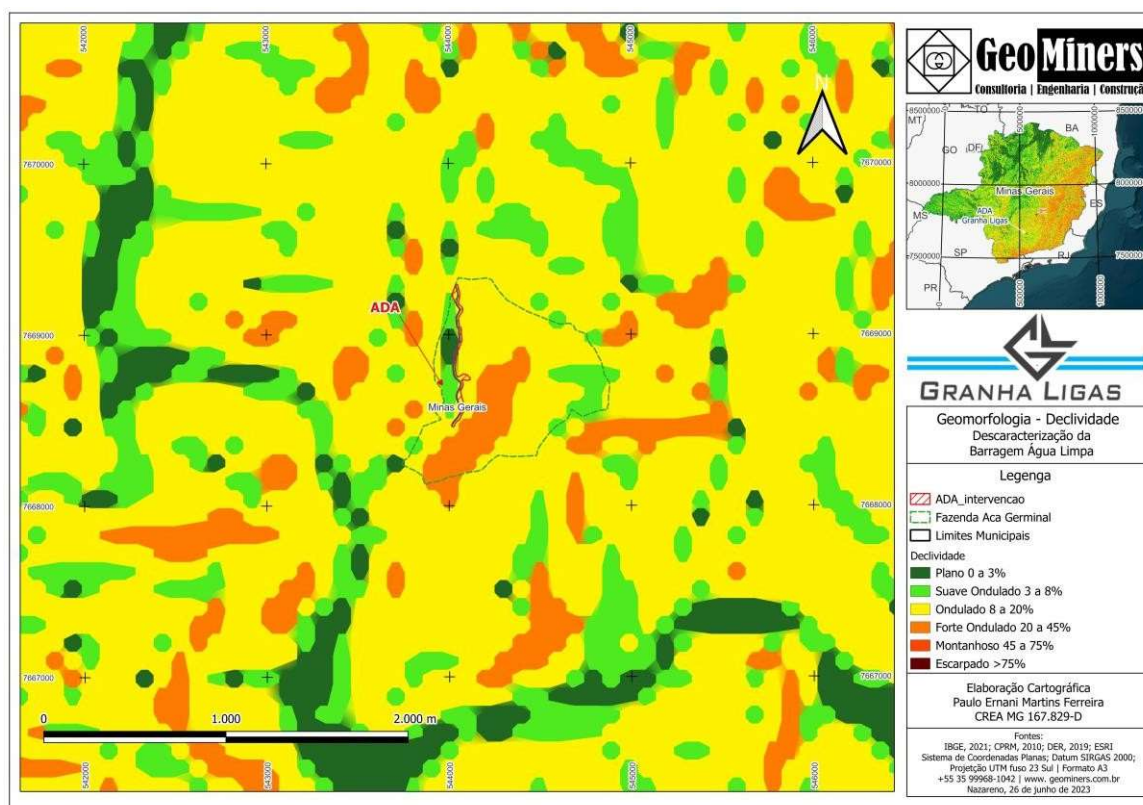
5.5.2. Geomorfologia Local

O relevo local possui, geralmente, um padrão de dissecação homogêneo com drenagem de densidades média a grosseira. É caracterizado por colinas com topos convexos e tabulares e encostas convexas intercaladas por cristas alongadas e, geralmente, assimétricas, com declives de 10% a 50% e planícies de inundação, em geral, estreitas (CETEC, 1983; RADAMBRASIL, 1983). Devido a uma soma de fatores tais como: alteração da rocha e ausência de cobertura vegetal (que propicia o deslizamento dos pacotes alterados), são comuns voçorocas com vários metros de extensão e largura. A drenagem possui características dendríticas e os coletores principais são os Rios Grande e das Mortes (Giarola et al., 1997; Marques et al., 2002; Ferreira, 2005).

De acordo com o mapa de declividade elaborado através de imagem SRTM e seguindo a classificação de relevo recomendada pela EMBRAPA, nas áreas de influência do empreendimento,

há o predomínio da classe de relevo ondulado com declividade variando entre 8% e 20%, além da ocorrência de porções com relevo forte-ondulado, com declividade variando entre 20 e 45%, ressaltando-se que a porção norte e oeste da AE, não apresentam, atualmente, suas características naturais, devido ao uso antrópico dado às mesmas. Figura 6.

Figura 6 – Mapa de declividade com destaque para a ADA do empreendimento.



Fonte: O Autor (2023).

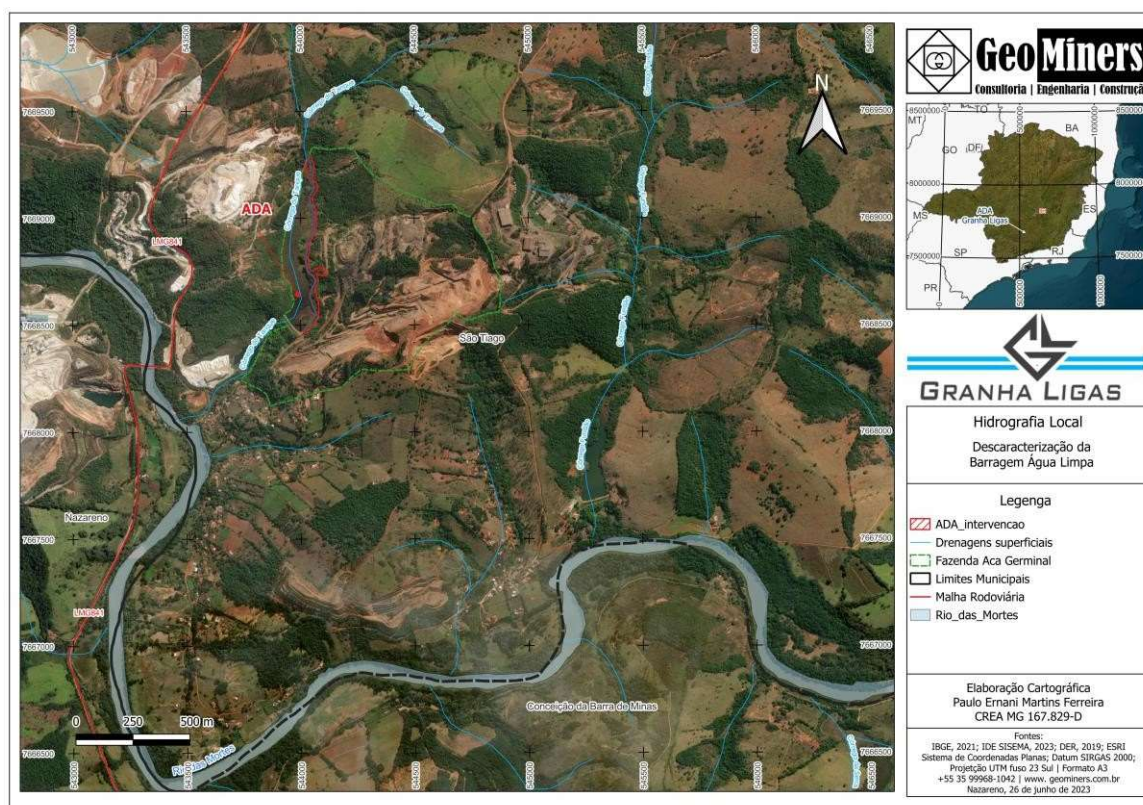
5.6. RECURSOS HÍDRICOS

A área da construção do canal em âmbito federal está situada na Bacia do Rio Grande, a nível estadual, está nos domínios da bacia hidrográfica do Nascente do Rio Grande (GD01 e GD02, unificado pelo Decreto Estadual 48.639, de 22 de junho de/2023). Localmente, a área é drenada pelo Córrego do Tanque que é afluente esquerdo do Rio das Mortes.

A Bacia Hidrográfica Nascente do Rio Grande otimiza da gestão hídrica de 74 municípios de Minas Gerais. Essa bacia está inserida na mesorregião do Campo das Vertentes, onde estão municípios como São João Del-Rei, Barbacena, Oliveira e Campo Belo.

A Figura 7 apresenta a rede hidrográfica da região do projeto.

Figura 7 – Rede hidrográfica da ADA do empreendimento.



Fonte: O Autor (2023).

Hidrografia Regional

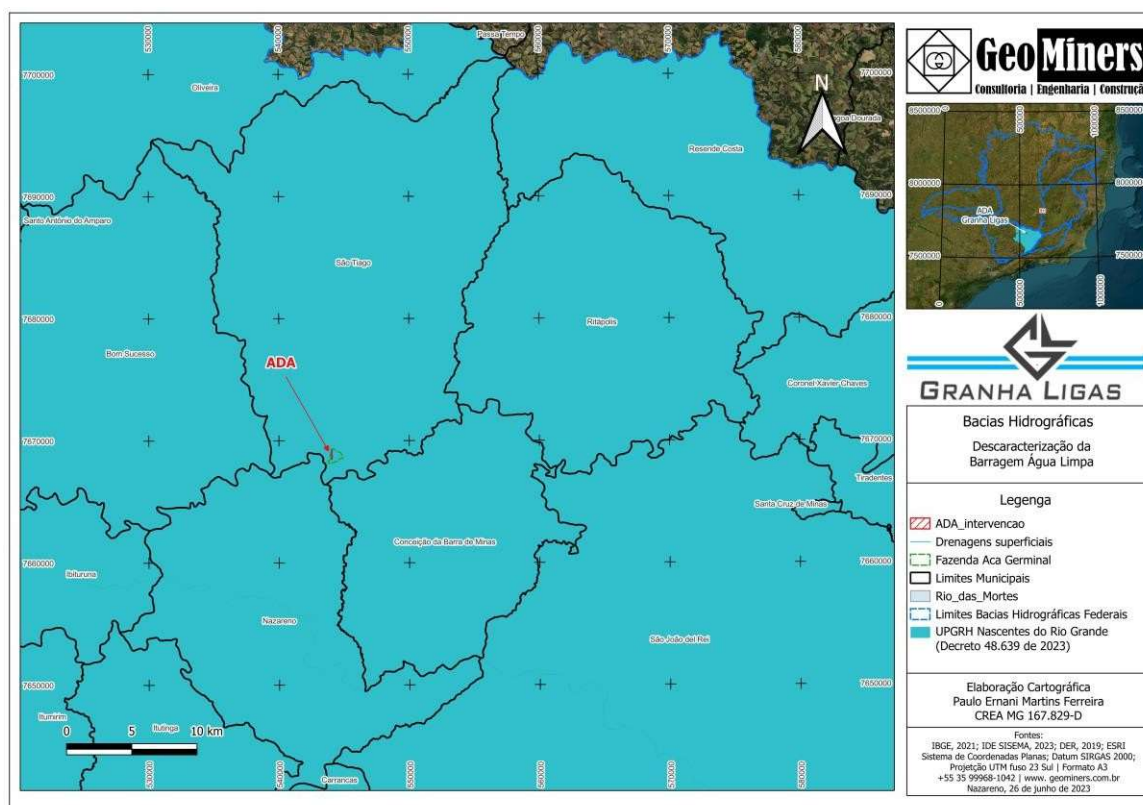
Bacia Hidrográfica do Rio Grande

Com mais de 143 mil km² de área de drenagem, a bacia hidrográfica do Rio Grande fica na Região Hidrográfica do Paraná e tem 60,2% de sua área em Minas Gerais e 39,8% em São Paulo. Nos 393 municípios da bacia vivem cerca de 9 milhões de habitantes e a região é marcada por trechos de Cerrado e Mata Atlântica. Na Bacia do Grande há 12,37% de recursos hídricos de domínio da União (neste caso, os interestaduais), 51,4% de Minas Gerais e 36,23% de São Paulo. O

rio Grande nasce na Serra da Mantiqueira, em Bocaina de Minas (MG), numa altitude de 1980 metros, e forma o rio Paraná ao se encontrar com o rio Paranaíba na divisa entre Santa Clara do Oeste (SP) e Carneirinho (MG).

A bacia hidrográfica do rio Grande é subdividida em 13 unidades de gestão, sendo 6 localizadas no Estado de São Paulo, denominadas Unidades de Gerenciamento de Recurso Hídricos (UGRHs) e 7 em Minas Gerais, denominadas Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs), identificadas sob a sigla “GD”, Figura 8.

Figura 8 – Localização do empreendimento na Bacia do Rio Grande.



Fonte: O Autor (2023).

O Rio Grande nasce na Serra da Mantiqueira, no município de Bocaina de Minas, a uma altitude de aproximadamente 1980 metros. Ao longo de seu curso, é interceptado por 13 barragens quais sejam de montante para jusante: Alto Rio Grande, Camargos, Itutinga, Funil, Furnas, Marechal, Mascarenhas de Moraes, Estreito, Jaguará, Igarapava, Volta Grande, Porto Colômbia, Marimbondó e Água Vermelha; além de parte do reservatório de Ilha Solteira.

Na margem direita, os principais afluentes são os rios das Mortes, Jacaré, Santana, Pouso Alegre, Uberaba e Verde ou Feio; e na margem esquerda os rios Capivari, Verde, Sapucaí-Mirim, Sapucaí (mineiro), Pardo, Sapucaí (paulista), Mogi-Guaçu e Turvo. A BHRG possui 12,37% da extensão dos cursos d'água sob domínios da União, 36,23% são de domínios do estado de São Paulo e 51,40% sob domínios do estado de Minas Gerais.

- Principais Usos da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Grande

Considerando-se os dados disponibilizados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE) e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), verifica-se que, da demanda total da BHRG, de 121,430 m³/s (3.839.908.032 m³/ano), 91,06% são provenientes de captações superficiais. Os dados indicam ainda, que a maior demanda, representando 43,51 % do total, é do setor que agrega irrigação/aquicultura/dessedentação animal, seguida pelo uso industrial, com 37,37 % da demanda, e o abastecimento público, com 16,78 % da demanda.

- A Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes e Rio Jacaré

A antiga bacia hidrográfica do rio das Mortes e rio Jacaré, anteriormente gerida pela UPGRH GD2, integra a bacia hidrográfica do rio Grande que, como já dito, engloba territórios dos estados de Minas Gerais e São Paulo. A bacia do rio das Mortes e rio Jacaré (antiga UPGRH GD2) possui uma área de aproximadamente 10.533 km² e corresponde a 7% da área total da bacia hidrográfica do rio Grande.

A nascente do rio das Mortes localiza-se na divisa dos municípios de Barbacena e Senhora dos Remédios, aproximadamente a 1200 metros de altitude. Até desaguar no rio Grande, no município de Ibituruna, o rio das Mortes percorre cerca de 280 km e recebe importantes afluentes, como o rio Elvas e o ribeirão Barba de Lobo pela margem esquerda e o rio do Peixe pela sua margem direita.

A bacia abrange no total, 42 municípios sendo 10 totalmente inseridos em seus limites, 20 possuem parte de seu território e sua sede dentro da Bacia, e 12 tem parte do seu território dentro da Bacia e sua sede em outra UPGRH.

De acordo com PDRH da bacia do rio das Mortes e rio Jacaré, a subdivisão interna bacia tem grande importância no Plano Diretor, pois visa a proposição de uma estrutura espacial para organização e análise das informações.

A subdivisão foi feita através da análise dos seguintes temas:

- Hidrografia e relevo;
- Sedes, distritos e localidades;

- Estações de qualidade, estações fluviométricas e estações pluviométricas; e
- Áreas homogêneas de vegetação.

O resultado da subdivisão interna gerou outras dez sub-bacias que podem ser visualizadas na figura a seguir.

Ficaram assim definidas as sub-bacias da UPGRH-GD2:

- Sub-bacias dos rios de primeira ordem, afluentes importantes do rio das Mortes, quais sejam: Sub-bacia do rio Elvas, Sub-bacia do rio Carandaí, Sub-bacia do ribeirão Barba de Lobo e Sub-bacia do rio dos Peixes.
 - Trechos da calha principal do rio das Mortes e alguns dos seus afluentes diretos: Sub-bacia do alto rio das Mortes, Sub-bacia do médio rio das Mortes e a Sub-bacia do baixo rio das Mortes;
 - A Sub-bacia do rio Jacaré;
 - A Sub-bacia do baixo rio Grande, que compreende um pequeno trecho do rio Grande, na GD2, (e alguns afluentes diretos) antes de desaguar na represa de Furnas; e
 - A Sub-bacia do rio do Cervo, afluente direto do rio Grande.
 - **Sub - bacia Baixo Rio das Mortes**

A região do empreendimento em pauta está inserida na sub-bacia baixo rio das Mortes conforme figura abaixo.

A sub-bacia baixo rio das Mortes possui uma área de drenagem de 1210,8 km², aproximadamente 11,49 % da área da bacia hidrográfica dos rios das Mortes e rio Jacaré – GD2. O rio das Mortes recebe importantes aportes de água de seus afluentes, sendo os principais, pela margem esquerda, o rio Pirapetinga, córrego Tabuãozinho e o córrego do Capão, e pela margem direita o ribeirão do Amaral ou da Canjica.

5.7. BIOMAS

A região do empreendimento está inserida no Bioma Mata Atlântica. Além de ser um dos maiores repositórios de biodiversidade do planeta, o Bioma da Mata Atlântica está entre os cinco primeiros colocados na lista dos Hotspots de biodiversidade no mundo, abrigando cerca de 70% dos animais ameaçados de extinção no Brasil (185 dos 265 listados em 2002).

Em função da localização do canal inserir-se no bioma Mata Atlântica, cabe destacar a existência de legislação específica com relação a este bioma, devido às suas características

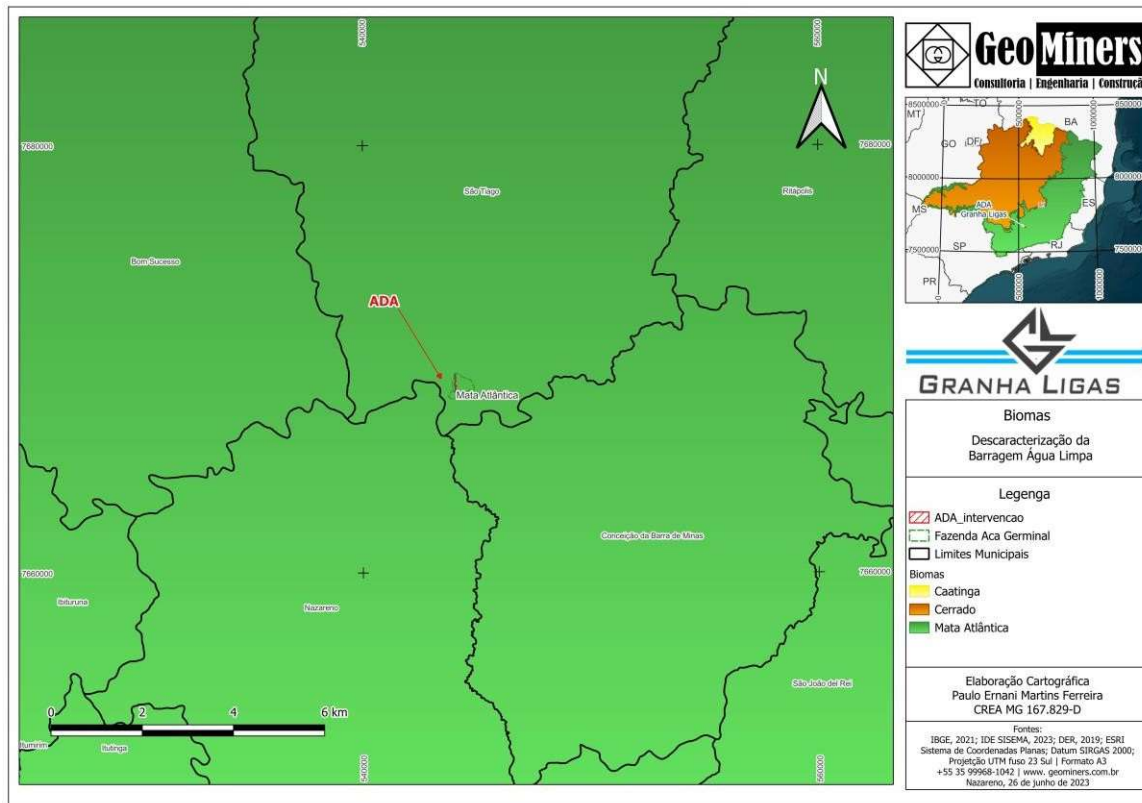
relevantes. A importância da Mata Atlântica passou a ser amplamente reconhecida no final da década de 1980, quando foi declarada Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988. Alguns anos depois, em 1993, por meio do Decreto Federal nº 750 (Brasil, 1993), foi definido legalmente o domínio desse bioma e a proteção de seus remanescentes florestais e matas em regeneração, formulando legalmente os termos da proteção para os ecossistemas integrantes desse domínio. O Decreto Federal nº 750 (Brasil, 1993) vigorou até a sua revogação, em 2008, pelo Decreto nº 6.660 (Brasil, 2008). Também normativa específica da Mata Atlântica, a Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006 (Brasil, 2006), propõe requisitos para garantir a conservação da vegetação nativa remanescente, determinando critérios de utilização e proteção, além de impor critérios e restrições de uso, diferenciados para estes remanescentes, considerando a vegetação primária e os estágios secundário inicial, médio e avançado de regeneração.

A Figura 9 apresenta o mapa de biomas e de vegetação compilados dos dados do IBGE. De forma geral, ainda que inserida no bioma Mata Atlântica a região de inserção do canal apresenta-se bastante alterada em decorrência de atividades antrópicas pretéritas, além de apresentar áreas ecótonas bastante expressivas, caracterizadas por reentrâncias das fisionomias do Cerrado.

Áreas ecótonas constituem regiões de tensão ecológica as quais são muito importantes para o funcionamento dos sistemas naturais, que quando modificados, são extremamente difíceis de serem recuperados. Áreas limítrofes que abrigam diferentes tipos de fitofisionomias são, portanto, essenciais para a caracterização da vulnerabilidade natural.

A classificação de uso do solo e cobertura vegetal nativa da implantação do canal de retificação do córrego do Tanque, é representada predominantemente por áreas antropizadas e fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual em estágio inicial/médio de regeneração e áreas de pastagem. Os fragmentos de vegetação com fisionomias florestais estão principalmente nos vales que se formam entre as encostas, protegendo cursos d'água.

Figura 9 – Localização do empreendimento no Bioma Mata Atlântica.



Fonte: O Autor (2023).

Relevância Regional

Segundo o Zoneamento Ecológico de Minas Gerais entende-se que a relevância regional de um ecossistema é a razão entre a área atual de determinadas fitofisionomias (campos, campos rupestres, campos cerrados e cerrados, florestas decíduais, Semidecíduais, Ombrófila, veredas e cerrados) em uma célula e a área total destas fitofisionomias em determinada regional do COPAM. Assim, ecossistemas que passaram por um histórico muito severo de substituição na regional em questão apresentariam valores elevados de relevância regional.

6. JUSTIFICAIVA DA REALIZAÇÃO DA INTERVENÇÃO

O desvio total do córrego do Tanque é parte complementar do projeto de descaracterização da Barragem água Limpa, e, obteve aprovação do seu plano de fechamento junto a Fundação Estado do Meio Ambiente conforme o Ofício FEAM/NUBAR nº. 56/2023, processo SEI

2090.01.0004161/2020-56. Devido a isso, a intervenção se faz necessário para conclusão das obras de descomissionamento.

7. INFORMAÇÕES REFERENTES AO CURSO DE ÁGUA NO TRECHO DA INTERVENÇÃO

O manancial superficial que terá parte de leito retificado e canalizado é o córrego do Tanque, afluente direito do Rio das Mortes, de sua nascente até sua foz, ele percorre uma distância de aproximadamente 2.300m.

A delimitação da bacia de contribuição foi realizada por meio da análise de divisores de água e talvegues, com base em topografia disponibilizada no sistema TOPODATA do INPE. A bacia de contribuição possui uma área total de 1,8 km², com um desnível máximo de 25 m, implicando em uma declividade média de 0,02 m/m, ou seja, 2,0%.

O córrego do Tanque no ponto mais a montante do local proposto para início do desvio total, possui largura de aproximadamente 30 cm, a Figura 10, apresenta o local próximo a esse ponto.

Figura 10 – Córrego do Tanque próximo do início da área proposta para o desvio total.



Fonte: O Autor (2023).

Já no ponto mais a jusante do local proposto para finalizar o desvio total, o canal será direcionado para o extravasor existente, que seguirá por um canal já implementado, no final desse canal há um vertedouro para medição de vazão, como pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 – Vertedouro próximo do final do desvio total.



Fonte: O Autor (2023).

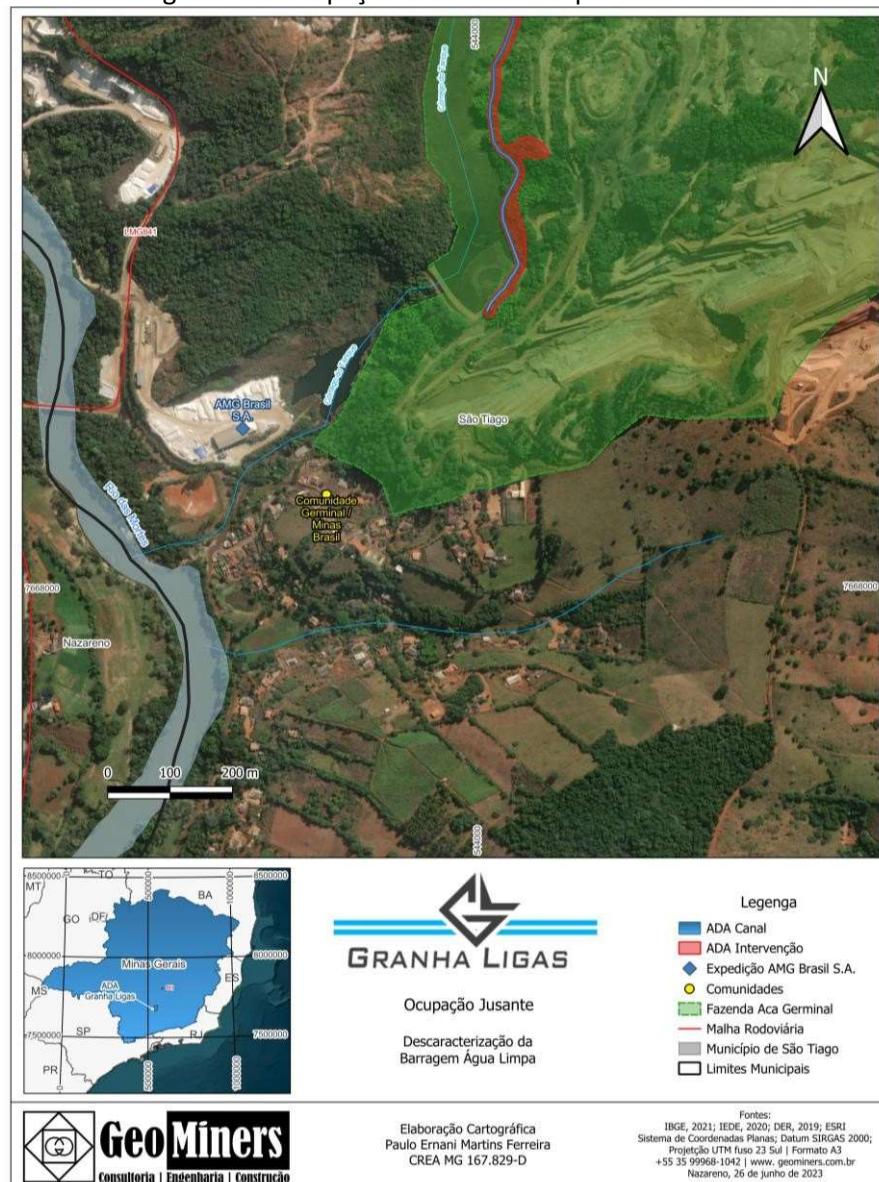
8. COORDENADAS DOS PONTOS DE INÍCIO E FIM DO DESVIO TOTAL DO CÓRREGO DO TANQUE

Início da intervenção (montante)						
Datum:		SIRGAS 2000				
	Latitude			Longitude		
Coordenadas geográficas	21°	4'	36,45''	44°	34'	33,83''
	Graus decimais: 21,076792°			Graus decimais: 44,576063°		
Fim da intervenção (jusante)						
Datum:		SIRGAS 2000				
	Latitude			Longitude		
Coordenadas geográficas	21°	5'	3,14''	44°	34'	34,50''
	Graus decimais: 21,084207°			Graus decimais: 44,576250°		

9. TAXA DE OCUPAÇÃO A MONTANTE, LOCAL E JUSANTE

A Mina do Totonho (Germinal) está localizada a montante da comunidade do Germinal/Minas Brasil, essa comunidade possui cerca de 90 famílias, as habitações concentram uma primeira parte na região à esquerda do córrego do Tanque e as demais ficam espalhadas na margem direita do rio das Mortes (Figura 12).

Figura 12 – Ocupação Jusante do empreendimento.



Fonte: O Autor (2023).

Ainda a jusante do empreendimento, existe uma ocupação na margem direita desse córrego, que é a unidade de expedição da empresa de mineração AMG Brasil. A Figura 10 apresenta a distribuição das comunidades e o departamento de expedição da referida mineradora.

Não há ocupação, nesse momento, à montante do ponto inicial e nem no local que será implantado o do desvio do córrego do Tanque.

10. ESTUDO HIDROLÓGICO

Os Estudos Hidrológicos tiveram por objetivo a determinação do regime de chuvas da região onde se insere a Barragem Água Limpa, a identificação e caracterização da bacia de contribuição, e os cálculos das descargas máximas dessa bacia, visando adequado dimensionamento do canal do curso d'água abordado nesse projeto.

Foram analisadas as características da bacia hidrográfica, juntamente com as condições de precipitações pluviométricas da área, para que pudessem ser feitos estudos das condições de deflúvios, estabelecendo-se, assim, o regime dos picos de cheias, para consequentes dimensionamentos do sistema hidráulico do canal de drenagem projetado.

10.1. DETERMINAÇÃO DAS CHUVAS DE PROJETO

Os dados necessários para o estudo das condições pluviométricas da região, onde se localiza a obra, foram extraídos de análise e compilação de estudos realizados para Bom Sucesso / MG, posto meteorológico mais próximo. Estes valores de intensidades pluviométricas foram baseados em trabalhos iniciados pelo antigo DAE da Prefeitura Municipal, completados por pesquisas e manipulação de dados pluviométricos, sendo que são concordantes com os resultados obtidos através das tabelas e gráficos compilados por Otto Pfafstetter, no livro "CHUVAS INTENSAS NO BRASIL".

Para maior segurança, o critério adotado foi o sugerido por Otto Pfafstetter, cuja metodologia é descrita abaixo.

Os estudos de pluviometria, aplicados ao cálculo das descargas máximas, visam à determinação da equação representativa do regime pluvial da área do projeto, quando fornece a precipitação máxima provável para um determinado tempo de duração da chuva.

Para se definir essa equação, é adotada, normalmente, a metodologia exposta no livro “CHUVAS INTENSAS NO BRASIL”, do Engenheiro OTTO PFAFSTETTER - MVOP - DNOS - dezembro - 1957.

A equação é a seguinte:

$$P = K[at + b \log(1 + ct)] \quad (1)$$

onde:

P = precipitação máxima provável em mm;

K = fator de probabilidade;

a,b,c = valores constantes para cada posto meteorológico;

t = duração da precipitação em horas.

Para tempo de retorno igual a 01 ano, onde $K = 1$, o trabalho apresenta parâmetros para a solução da equação acima, para diversos postos de observação pluviométrica.

O tempo de recorrência, ou período de retorno, de uma maneira mais simples, é o número médio de anos em que uma precipitação com uma intensidade será igualada ou excedida pelo menos uma vez.

Para tempos de retorno superiores a 01 ano, esse fator de probabilidade de ocorrência do evento é calculado pela expressão:

$$K = [T]^{\frac{\alpha+\beta}{T\gamma}} \quad (2)$$

, onde:

T = tempo de retorno em anos;

α, β = valores que dependem da duração da precipitação;

γ = valor constante para cada posto.

Conhecidos os valores de $\alpha, \beta, \gamma, a, b$ e c para um determinado tempo de duração da precipitação, têm-se o fator de probabilidade K que define a forma da curva a se ajustar à representação gráfica das precipitações em função do tempo de retorno.

O segundo fator da equação:

$$at + b \log(1 + ct) \quad (3)$$

Fornece o valor da precipitação para o tempo de retorno de 1 ano, quando $K = 1$.

Assim, chega-se aos volumes de precipitação para os diversos tempos de duração em função de diferentes tempos de retorno, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Volumes de precipitação (mm) para diversos tempos de duração, em função de diferentes Tempos de Retorno. Posto: Bom Sucesso/MG.

Duração	Tempo de Retorno (anos)					
	10	50	100	500	1.000	10.000
5 min	19,0	22,8	24,5	29,0	31,2	39,5
15 min	30,5	37,4	40,7	49,2	56,4	69,8
30 min	39,4	49,6	54,5	67,7	74,2	100,8
1 h	49,7	64,3	71,6	91,5	101,6	143,8
2 h	60,3	79,4	89,0	115,6	129,2	187,1
4 h	72,4	96,5	108,8	143,2	161,0	237,4
8 h	86,4	115,5	130,4	172,1	193,7	287,0
14 h	100,4	133,8	150,8	198,4	223,1	329,0
1 d	118,5	156,9	176,4	230,6	258,5	377,7
2 d	155,4	204,4	229,2	297,7	332,8	481,8
3 d	187,3	244,0	272,5	350,5	390,3	557,2
4 d	217,9	282,1	314,1	401,5	445,8	630,7
6 d	278,1	357,6	397,1	504,3	558,5	782,8

Fonte: Ferreira (2020).

A partir das precipitações, chega-se às intensidades pluviométricas da Tabela 2.

Tabela 2 – Intensidade de chuva (mm/h) para diversos tempos de duração, em função de diferentes Tempos de Retorno. Posto: Bom Sucesso/MG.

Duração	Tempo de Retorno (anos)					
	10	50	100	500	1.000	10.000
5 min	228,1	273,3	294,4	348,3	374,0	473,8
15 min	122,0	149,6	162,7	196,8	213,5	279,2
30 min	78,9	99,2	109,0	135,4	148,5	201,5
1 h	49,7	64,3	71,6	91,5	101,6	143,8
2 h	30,2	39,7	44,5	57,8	64,6	93,5
4 h	18,1	24,1	27,2	35,8	40,2	59,4
8 h	10,8	14,4	16,3	21,5	24,2	35,9
14 h	7,2	9,6	10,8	14,2	15,9	23,5
1 d	4,9	6,5	7,3	9,6	10,8	15,7
2 d	3,2	4,3	4,8	6,2	6,9	10,0
3 d	2,6	3,4	3,8	4,9	5,4	7,7
4 d	2,3	2,9	3,3	4,2	4,6	6,6
6 d	1,9	2,5	2,8	3,5	3,9	5,4

Fonte: Ferreira (2020).

O tempo de retorno é então escolhido em função da probabilidade desejada, isto é, o tempo de retorno é fixado em função da maior ou menor segurança desejada para a obra.

A intensidade média da precipitação a ser considerada no projeto é a correspondente a um tempo de duração igual ao tempo de concentração, onde toda a precipitação pluvial na bacia contribuirá para o local do barramento.

10.2. CARACTERIZAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO – CURSO D'ÁGUA INTERMITENTE

Os Estudos Hidrológicos apresentados a seguir tiveram por objetivo a identificação e caracterização da bacia de contribuição e os cálculos das descargas máximas dessa bacia, visando adequado dimensionamento do canal do curso d'água intermitente abordado nesse projeto. Destaca-se que no local não há nenhuma reserva permanente de água, ou seja, não há nenhum curso natural de água perene.

Foram analisadas as características da bacia hidrográfica, juntamente com as condições de precipitações pluviométricas da área, apresentadas no item anterior deste relatório, para que pudessem ser feitos estudos das condições de deflúvios, estabelecendo-se, assim, o regime dos picos de cheias, para consequentes dimensionamentos do sistema hidráulico do canal de drenagem projetado, apresentado a seguir.

A Tabela 3 apresenta as informações do projeto para o cálculo do Tempo de Concentração (T_c) do escoamento, chegando-se a 16,15 minutos, através da fórmula de Picking, apresentada abaixo:

$$T_c = 5,3 \left(\frac{L}{I} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

Onde:

T_c = tempo de concentração, em minutos;

L = comprimento do talvegue, em km;

I = declividade, em m/m.

Tabela 3 – Informações para cálculo do T_c (tempo de concentração)/MG.

Comprimento do talvegue (km)	1,279
Desnível máximo (metros)	74
Declividade m/m	0,0578577701

Fonte: Ferreira (2020).

A bacia de contribuição possui uma área total de 0,96 km², com um desnível máximo de 74 m e com o talvegue principal da ordem de 1,279 km, implicando em uma declividade média de 0,0579 m/m, ou seja, 5,79%.

O valor de T_c encontrado, de uma maneira mais simples, é o tempo gasto por uma partícula d'água para percorrer o talvegue principal da bacia hidrográfica, de um ponto de montante mais distante até o ponto mais distante da obra.

Conhecido o tempo de concentração, característica física da bacia, define-se a intensidade crítica para um determinado tempo de retorno (100 anos, no caso), uma vez que o tempo de duração na curva das intensidades deve ser igual ao tempo de concentração.

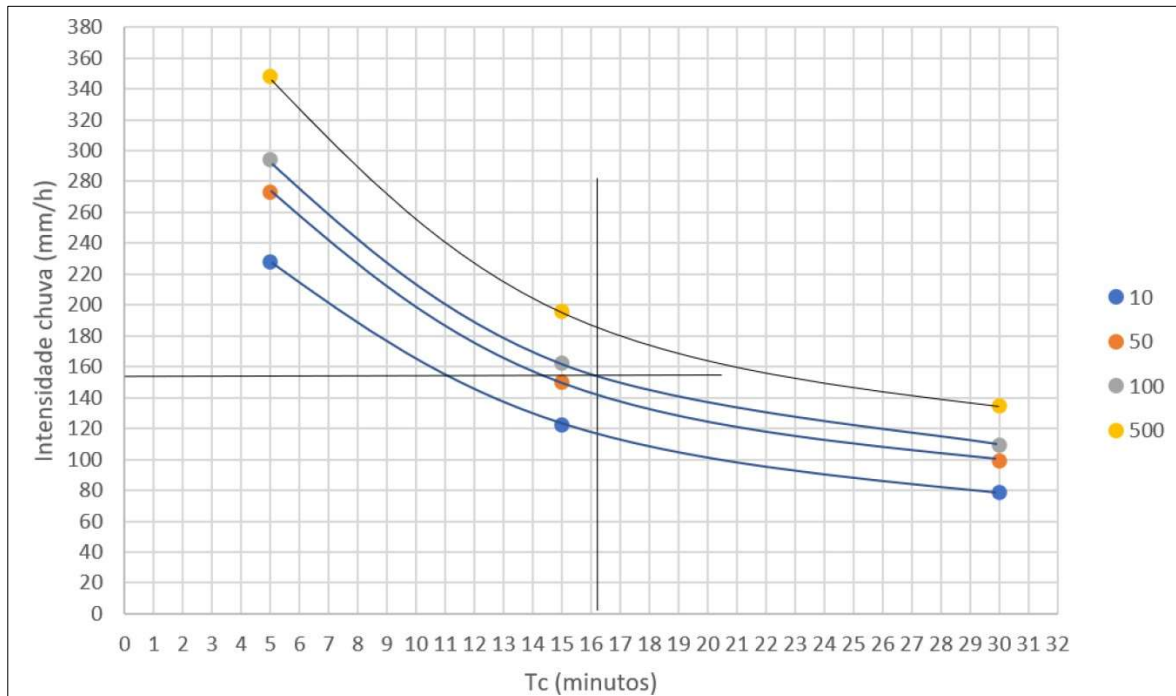
A partir da Tabela 4, extraída dos cálculos de determinação das chuvas de projeto (item 10.1), e do gráfico da Figura 4 abaixo, que apresentam a intensidade de chuva em função da duração, para cada tempo de retorno, se chegou à intensidade de chuva de 155 mm/h, para o tempo de concentração calculado (16,15 minutos) e o tempo de retorno de 100 anos.

Tabela 4 – Intensidade de chuva (mm/h) e duração, para cada tempo de retorno.

Duração	Tempo de Retorno (anos)					
	10	50	100	500	1000	10000
5	228,1	273,3	294,4	348	374	473,8
15	122	149,9	162,7	196	213,5	279,2
30	78,9	99,2	109	135	148,5	201,5
1 h	49,7	64,3	71,6	91,5	101,6	143,8
2 h	30,2	39,7	44,5	57,8	64,6	93,5
4 h	18,1	24,1	27,2	35,8	40,2	59,4
8 h	10,8	14,4	16,3	21,5	24,2	35,9
14 h	7,2	9,6	10,8	14,2	15,9	23,5
1 d	4,9	6,5	7,3	9,6	10,8	15,7
2 d	3,2	4,3	4,8	6,2	6,9	10
3 d	2,6	3,4	3,8	4,9	5,4	7,7
4 d	2,3	2,9	3,3	4,2	4,6	6,6
6 d	1,9	2,5	2,8	3,5	3,9	5,4

Fonte: Ferreira (2020).

Figura 13 – Gráfico da intensidade de chuva em função do Tc, conforme tempo de retorno.



Fonte: Ferreira (2020).

O deflúvio da bacia depende do fator de escoamento superficial, ou coeficiente de deflúvio (C), da declividade, da permeabilidade do solo e da cobertura vegetal.

O coeficiente de deflúvio (C) adotado foi de 0,35, referente à solos francos, de pastagens e florestas, com declividade entre 5% e 10%.

A determinação das vazões de projeto para o dimensionamento do extravasor de emergência é realizada por meio da aplicação do Método Racional Modificado, o qual é empregado quando as áreas de drenagem das bacias de contribuição entre 80ha e 200ha.

A Equação a seguir apresenta a formulação do Método Racional Modificado, que consiste na transformação chuva-vazão, utilizada para o cálculo da vazão superficial máxima (m³/s), referente ao canal projetado:

$$Q_{sMáx} = 0,278 \times C \times i \times A \times D \quad (5)$$

Onde:

C= coeficiente de deflúvio;

i = intensidade de chuva (mm/h), referente ao T_c ;
 A = área da bacia (km²);
 Q_{sMax} = vazão superficial máxima (m³/s);
 L = comprimento axial da bacia, em km;
 $D = 1 - (0,009 \cdot (L/2))$.

Na 5 a seguir, são apresentados os valores usados para o cálculo da vazão que se chegou, de 14,3949m³/s.

Tabela 5 – Informações para cálculo de vazão.

Intensidade de chuva (mm/h)	155
Coefficiente de deflúvio	0,35
Área de contribuição (km ²)	0,96
Comprimento axial - L (km)	1,279
D	0,994245

Fonte: Ferreira (2020).

10.3. CARACTERIZAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO – SAÍDA DE DRENAGEM DO MATERIAL SELANTE DO RESERVATÓRIO

Os Estudos Hidrológicos apresentados a seguir tiveram por objetivo a identificação e caracterização da contribuição e os cálculos das descargas máximas para a área selada com material argiloso, visando adequado dimensionamento da saída da drenagem pluvial dessa área.

Foram analisadas as condições de precipitações pluviométricas da área, apresentadas neste relatório, para que pudessem ser feitos estudos das condições de deflúvios, estabelecendo-se assim o dimensionamento do sistema de drenagem para essa área, apresentado a seguir.

A Tabela 6 apresenta as informações do projeto para o cálculo do Tempo de Concentração (T_c) do escoamento, chegando-se a 18,08 minutos, através da fórmula de Picking, apresentada abaixo:

$$T_c = 5,3 \left(\frac{L^2}{I} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

Onde:

T_c = tempo de concentração, em minutos;
 L = comprimento do talvegue, em km;
 I = declividade, em m/m.

Tabela 6 – Informações para cálculo do Tc (Tempo de concentração).

Comprimento do canal (km)	0,630
Desnível máximo (metros)	6,30
Declividade m/m	0,01

Fonte: Ferreira (2020).

A bacia de contribuição possui uma área total de 0,07 km² (71.427m²), com um desnível máximo de 6,30 m e com o talvegue principal da ordem de 0,630 km, implicando em uma declividade média de 0,01 m/m, ou seja, 1%.

O valor de Tc encontrado, de uma maneira mais simples, é o tempo gasto por uma partícula d'água para percorrer o talvegue principal da bacia hidrográfica, de um ponto de montante mais distante até o ponto mais distante da obra.

Conhecido o tempo de concentração, característica física da bacia, define-se a intensidade crítica para um determinado tempo de retorno (100 anos, no caso), uma vez que o tempo de duração na curva das intensidades deve ser igual ao tempo de concentração.

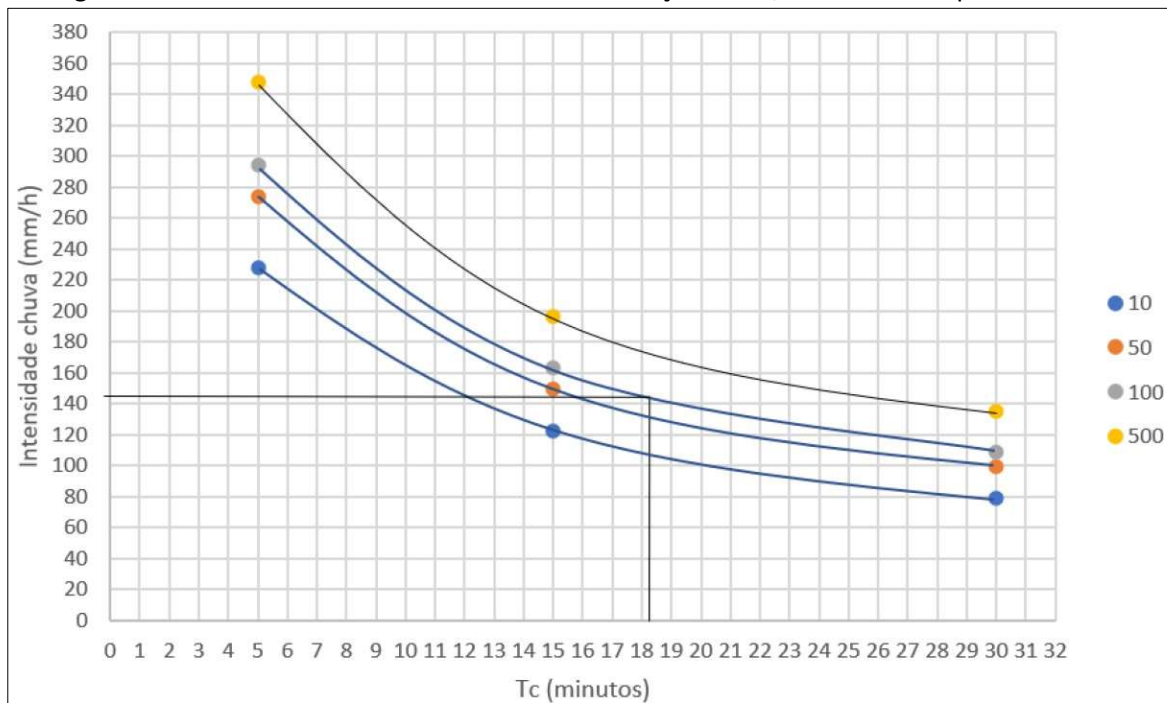
A partir da Tabela 7, extraída dos cálculos de determinação das chuvas de projeto (item 10.1), e do gráfico da Figura 14 abaixo, que apresentam a intensidade de chuva em função da duração, para cada tempo de retorno, se chegou à intensidade de chuva de 143 mm/h, para o tempo de concentração calculado (18,08 minutos) e o tempo de retorno de 100 anos.

Tabela 7 – Intensidade de chuva (mm/h) e duração, para cada tempo de retorno.

Duração	Tempo de Retorno (anos)					
	10	50	100	500	1000	10000
5	228,1	273,3	294,4	348	374	473,8
15	122	149,9	162,7	196	213,5	279,2
30	78,9	99,2	109	135	148,5	201,5
1 h	49,7	64,3	71,6	91,5	101,6	143,8
2 h	30,2	39,7	44,5	57,8	64,6	93,5
4 h	18,1	24,1	27,2	35,8	40,2	59,4
8 h	10,8	14,4	16,3	21,5	24,2	35,9
14 h	7,2	9,6	10,8	14,2	15,9	23,5
1 d	4,9	6,5	7,3	9,6	10,8	15,7
2 d	3,2	4,3	4,8	6,2	6,9	10
3 d	2,6	3,4	3,8	4,9	5,4	7,7
4 d	2,3	2,9	3,3	4,2	4,6	6,6
6 d	1,9	2,5	2,8	3,5	3,9	5,4

Fonte: Ferreira (2020).

Figura 14 – Gráfico da intensidade de chuva em função do Tc, conforme tempo de retorno.



Fonte: Ferreira (2020).

O deflúvio da bacia depende do fator de escoamento superficial, ou coeficiente de deflúvio (C), da declividade, da permeabilidade do solo e da cobertura vegetal. O coeficiente de deflúvio (C) adotado foi de 0,40, referente à solos argilosos, de pastagens e de baixa declividade.

A determinação das vazões de projeto para o dimensionamento do extravasor é realizada por meio da aplicação do Método Racional, o qual é empregado quando a área de drenagem de contribuição é inferior a 80ha.

A Equação a seguir apresenta a formulação do Método Racional, que consiste na transformação chuva-vazão, utilizada para o cálculo da vazão superficial máxima (m³/s), referente ao canal projetado:

$$Q_{sMáx} = 0,278 \times C \times i \times A \times D \quad (7)$$

Onde:

C= coeficiente de deflúvio;

i= intensidade de chuva (mm/h), referente ao Tc;

A= área da bacia (km²);

Q_{sMáx}= vazão superficial máxima (m³/s);

L = comprimento axial da bacia, em km;

D= $1-(0,009.(L/2))$.

Na Tabela 8 a seguir, são apresentados os valores usados para o cálculo da vazão que se chegou, de $1,11\text{m}^3/\text{s}$.

Tabela 8 – Informações para cálculo de vazão.

Intensidade de chuva (mm/h)	143
Coeficiente de deflúvio	0,40
Área de contribuição (km ²)	0,07

Fonte: Ferreira (2020).

11. ESTUDO HIDRÁULICO

A Barragem Água Limpa faz parte de um curso natural intermitente de água que cai no reservatório e segue a jusante através do sistema extravasor do reservatório. Com o processo de descaracterização da Barragem, que impossibilitará a acumulação de água, é necessário a execução de um canal lateral para a drenagem desse curso d'água, a primeira fase desse projeto.

Para isso, foi projetado um canal em pedra argamassada passando pela margem leste do reservatório, até desaguar no extravasor já existente na ombreira esquerda da barragem, seguindo seu fluxo natural até o Rio das Mortes.

O canal projetado se inicia em um ponto de captação dessa água a montante do reservatório, conforme fotos tiradas no local apresentadas abaixo na Figura 15, Figura 16, Figura 17 e Figura 18. Esse local é identificado nos desenhos executivos deste projeto.

Título: Desvio Total do Córrego do Tanque – Descaracterização da Barragem Água Limpa

Solicitação SEI: 2090.01.0012089/2024-67 | FCE de Referência: R044065/2024

Julho/2024

NÚMERO (Controle)

REVISÃO

1

NÚMERO CONTRATADA

Página 52 de 79

Figura 15 – Local de início do canal de drenagem projetado (1).



Fonte: Ferreira (2022).

Figura 16 – Local de início do canal de drenagem projetado (2).



Fonte: Ferreira (2022).

Título: Desvio Total do Córrego do Tanque – Descaracterização da Barragem Água Limpa

Solicitação SEI: 2090.01.0012089/2024-67 | FCE de Referência: R044065/2024

Julho/2024

NÚMERO (Controle)

REVISÃO

1

NÚMERO CONTRATADA

Página 53 de 79

Figura 17 – Região de início do canal de drenagem projetado (1).



Fonte: Ferreira (2022).

Figura 18 – Região do início do canal de drenagem projetado (2).



Fonte: Ferreira (2022).

O canal segue através da margem leste do reservatório, região com presença de vegetação e de topografia levemente íngreme, com declividades máximas da ordem de 30°. Na Figura 19 e Figura 20 apresentadas, sendo possível observar essas características.

Figura 19 – Margem leste do reservatório – local de passagem do canal (1).



Fonte: Ferreira (2022).

Figura 20 – Margem leste do reservatório – local de passagem do canal (2).



Fonte: Ferreira (2022).

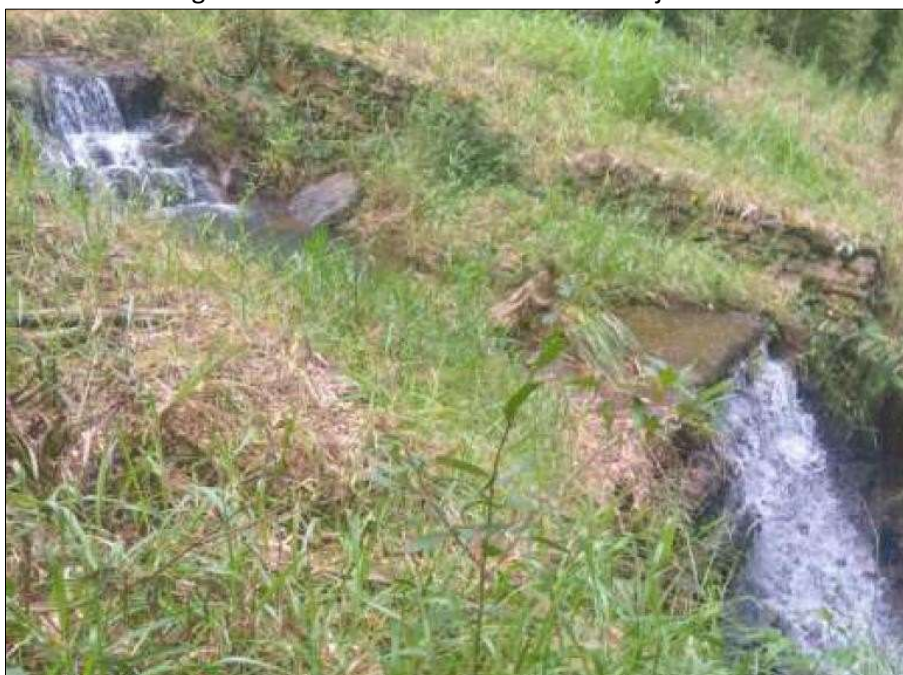
O canal segue até desaguar na região do extravasor já existente na ombreira esquerda da barragem (Figura 21), seguindo seu fluxo natural até o Rio das Mortes. Como apresentado na Figura 22, existe uma escada hidráulica para dissipação de energia a jusante da região de deságue do canal de drenagem.

Figura 21 – Região de deságue do canal de drenagem.



Fonte: Ferreira (2022).

Figura 22 – Escada hidráulica existente a jusante.



Fonte: Ferreira (2022).

O dimensionamento do canal foi determinado a partir de estudos hidrológicos, apresentados no item 3.0 deste relatório, com 100 anos de tempo de retorno. Os Estudos Hidrológicos realizados tiveram por objetivo a identificação e caracterização da área de contribuição e os cálculos das descargas máximas dessa bacia, visando adequado dimensionamento do canal do curso d'água abordado nesse projeto.

Foram analisadas as características da bacia hidrográfica, juntamente com as condições de precipitações pluviométricas da área, apresentadas no item 10 deste relatório, para que pudessem ser feitos estudos das condições de deflúvios, estabelecendo-se, assim, o regime dos picos de cheias, para consequentes dimensionamentos do sistema hidráulico do canal de drenagem projetado, apresentado a seguir.

Destaca-se que sua construção deve ser realizada de jusante para montante, pelo fato de uma vez concluídas, possibilitarem a passagem de maiores vazões do que na situação original. Caso contrário, precipitações intensas durante a obra poderão agravar inundações e erosões a jusante.

Considerou-se para esse canal, também, conforme informações disponibilizadas pela Granha Ligas, o aporte da água proveniente da lavagem do minério, de 0,017 m³/s. Com isso, chegou-se a uma vazão de contribuição total de 14,4119 m³/s para este canal.

Para o cálculo da área da seção do canal usou-se a fórmula a seguir, e as informações da Tabela 9:

$$Q_{sMáx} = v \times A \rightarrow a = \frac{Q_{sMáx}}{v} \quad (8)$$

Onde:

A= área da seção transversal do canal (m²);

v= velocidade de escoamento;

Q_{sMax}= vazão superficial máxima (m³/s);

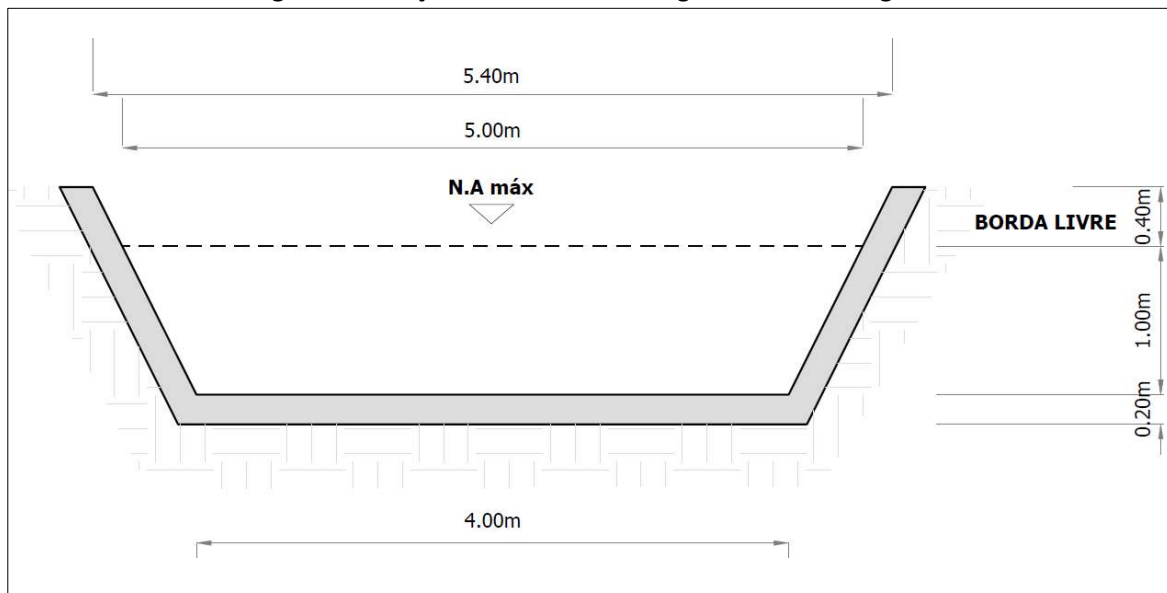
Tabela 9 – Informações para cálculo da área da seção transversal do canal.

Velocidade do escoamento (m/s)	3,218
Vazão superficial máxima (m ³ /s)	14,4119

Fonte: Ferreira (2020).

A partir disso, chegou-se a uma seção necessária de 4,48m². Foi projetada uma seção trapezoidal, como a representada na Figura 23, feito sob terra/aterramento.

Figura 23 – Seção do canal de drenagem do curso d’água.



Fonte: Ferreira (2022).

A Tabela 10 traz as informações sobre o dimensionamento do canal de drenagem para a desvio total do córrego do Tanque.

Tabela 10 – Informações do dimensionamento do canal de drenagem para o curso de água natural existente.

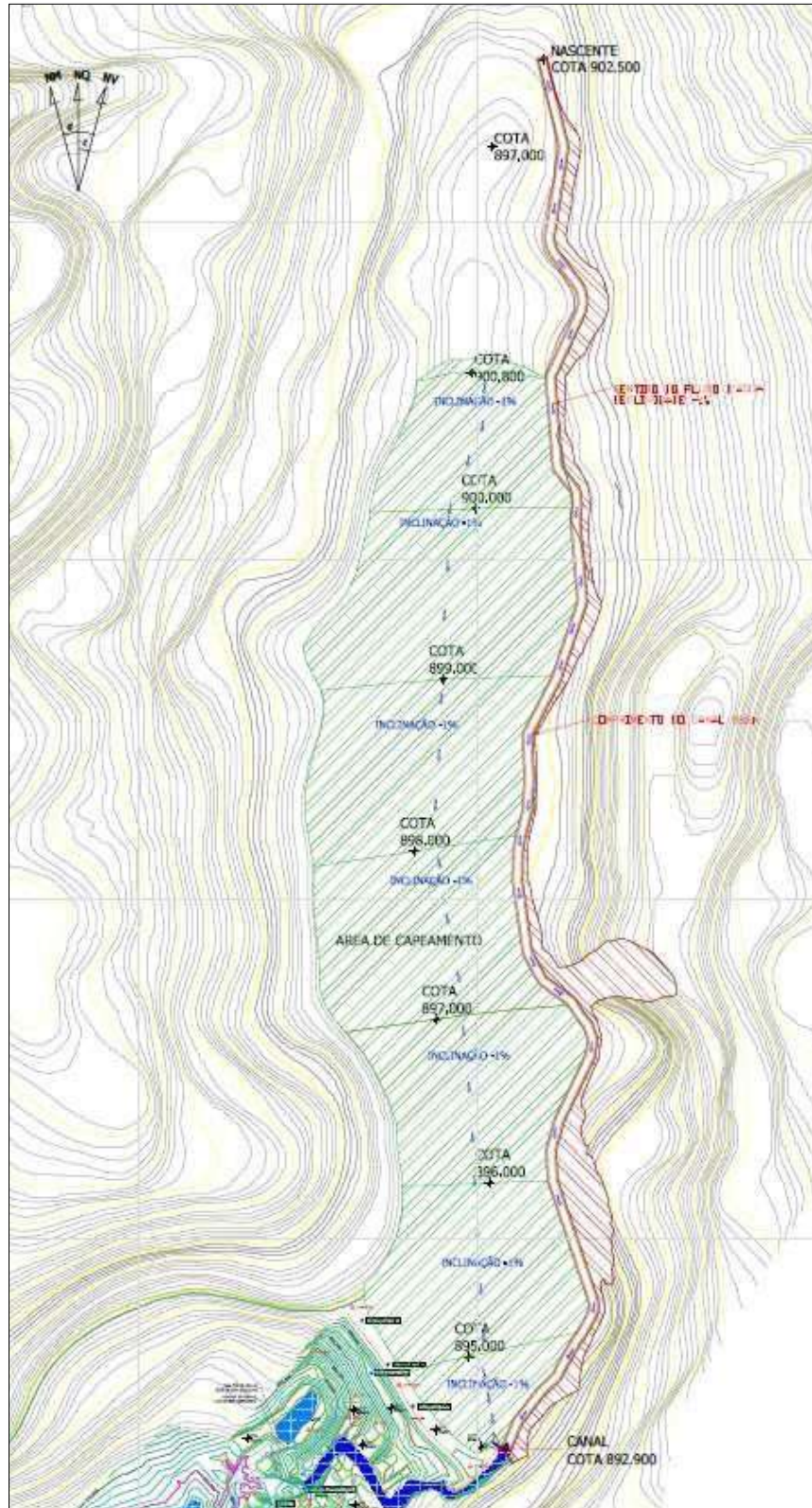
Comprimento (m)	Coeficiente de Manning (i)	Área de contribuição (km ²)	Vazão (m ³ /s)	Cota (m)		Área seção (m ²)	Declividade (m/m)	Velocidade (m/s)
				Montante	Jusante			
882	0,2025	0,96	14,4119	902,5	892,9	4,5	0,01	3,218

Fonte: Ferreira (2022).

A vista em planta e a seção do canal de drenagem são apresentadas na Figura 24 e fazem parte do desenho de projeto executivo MLF-DE-GL004-001-2020 e MLF-DE-GL004-005-2020.

Destaca-se que, em canais abertos deve-se manter uma borda livre mínima que corresponda a 10% da lâmina d’água estimada para a cheia de projeto, mas não inferior a 0,4 m ($f \geq 0,1h$, com a condição $f \geq 0,4m$). Neste caso, a borda livre será a borda livre mínima, de 0,4 m.

Figura 24 – Vista em planta do canal de drenagem do curso d’água (margem leste).



Fonte: Ferreira (2022).

12. CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA DEFINIÇÃO DO REVESTIMENTO DO DESVIO

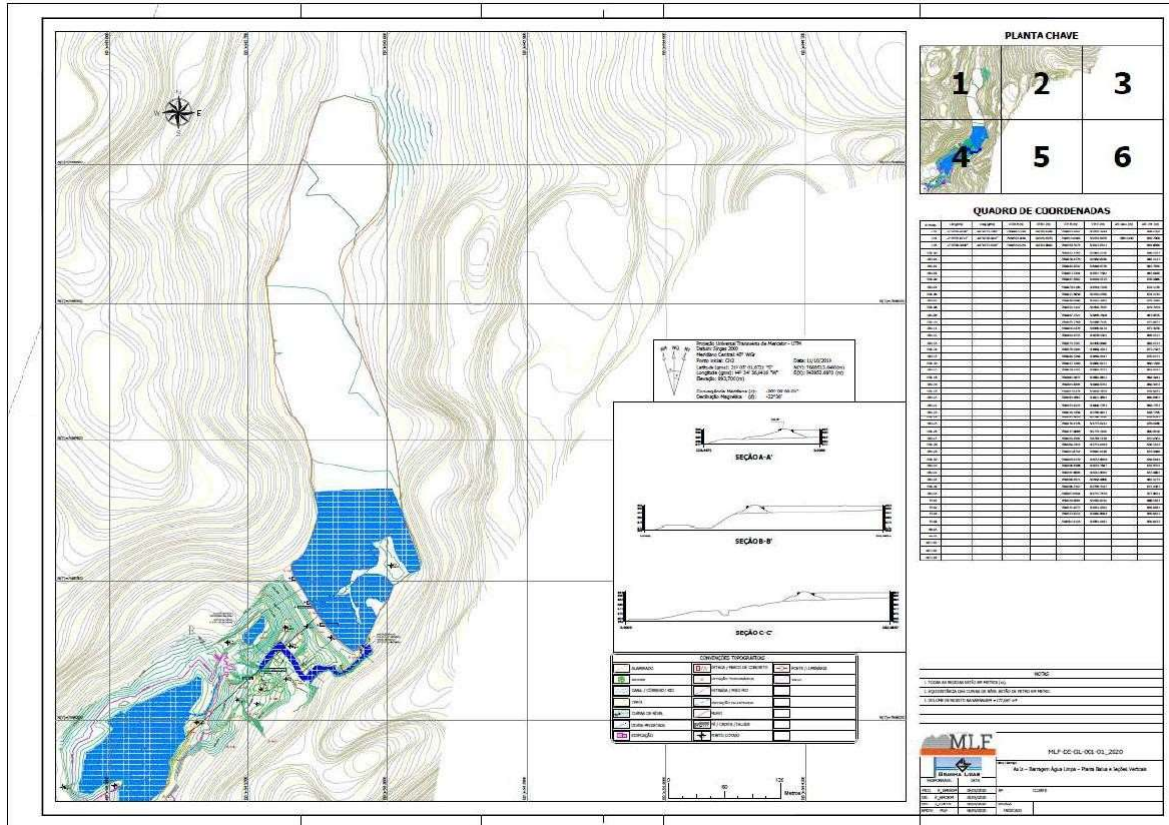
Conforme projeto aprovado pela FEAM, para a execução do canal de drenagem será utilizada a técnica de pedra argamassada. As pedras utilizadas devem ser de boa qualidade, não se admitindo o uso de material em estado de decomposição ou proveniente de capa de pedreira. O canal terá 20cm de dimensão mínima (espessura) e as pedras devem ter espessura não superior à metade da menor espessura do canal, ou seja, até 10 cm. A argamassa a ser utilizada será no traço 1:6 (cimento e areia).

13. PROJETO CONCEITUAL DO DESVIO TOTAL DO CÓRREGO DO TANQUE

A barragem Água Limpa localizada na Mina do Totonho (Germinal) foi construída há décadas, e não há informações sobre o projeto de construção, a descrição da barragem teve como base a topografia disponibilizada pela empresa Granha Ligas Ltda “2020-TAA-0429 -GRANHA LIGAS LTDA.dwg” e o “Relatório “as is” da Barragem Água Limpa – Análise de Estabilidade”, referência MLF-RT-GL001-2020, assim como o desenho do projeto de “as is” MLF-DE-GL001-01_2020.

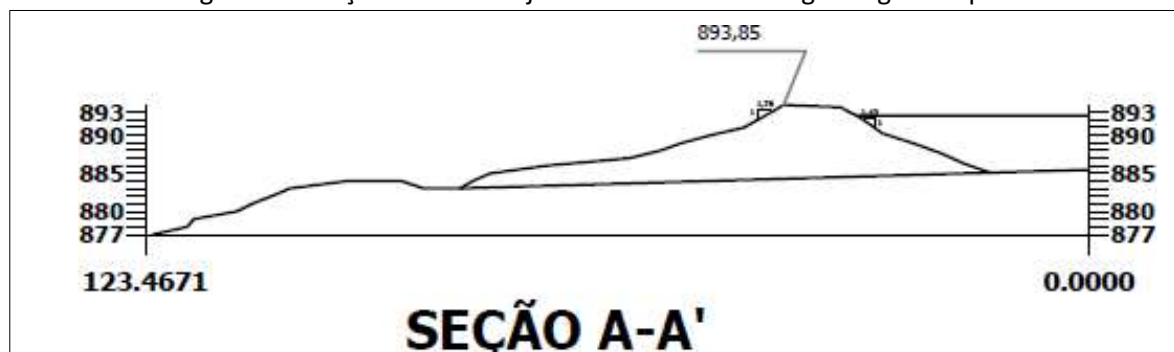
A seguir serão apresentados alguns desenhos que fazem parte do projeto de “as is” da Barragem Água Limpa. Na Figura 25 tem-se o arranjo geral da Barragem Água Limpa com o projeto de “As Is” da Barragem Água Limpa. Em seguida, são apresentados os detalhes das seções A-A’ (Figura 26), B-B’ (Figura 27), C-C’ (Figura 28) e as seções em plantas (Figura 29).

Figura 25 – Projeto de “As Is” da Barragem Água Limpa.



Fonte: Ferreira (2022).

Figura 26 – Seção A-A’ do Projeto de “As Is” da Barragem Água Limpa.



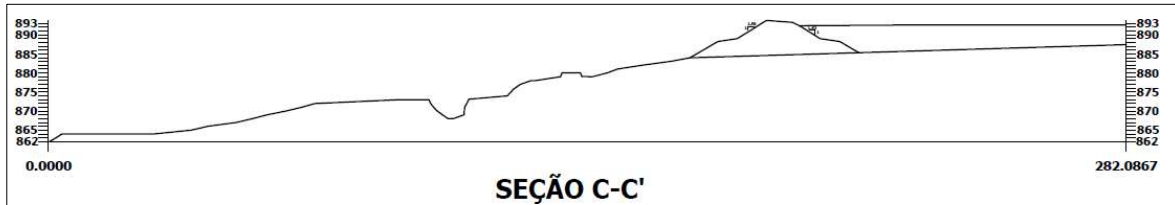
Fonte: Ferreira (2022).

Figura 27 – Seção B-B’ do Projeto de “As Is” da Barragem Água Limpa.



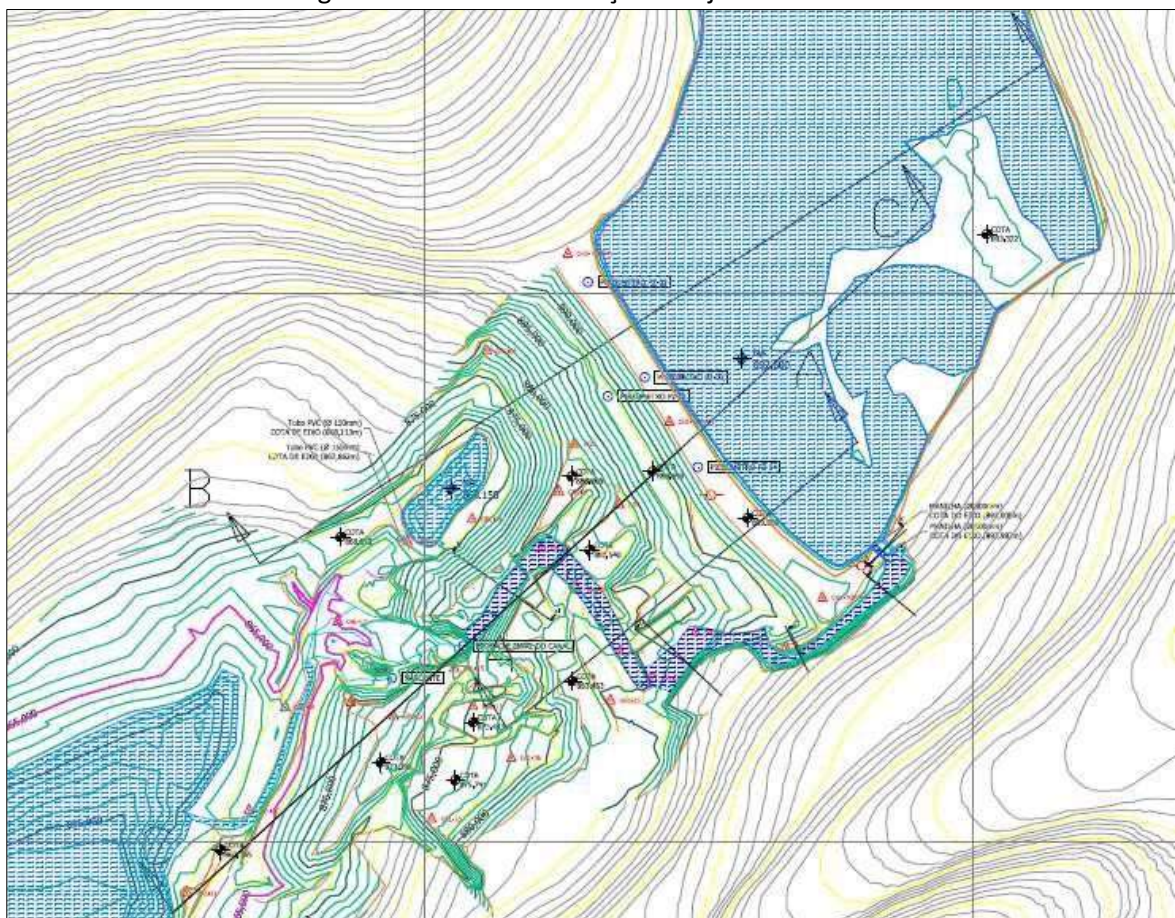
Fonte: Ferreira (2022).

Figura 28 – Seção C-C' do Projeto de “As Is” da Barragem Água Limpa.



Fonte: Ferreira (2022).

Figura 29 – Detalhe das seções Projeto de “As Is”.



Fonte: Ferreira (2022).

A ficha técnica da barragem está detalhada na Tabela 11 com os dados gerais. Na tabela 12 traz os dados de projeto referente a hidrologia e hidráulica para TR 100 anos. Com uma altura máxima de 10 metros e comprimento de crista de 123 metros e inclinação do talude a jusante na proporção. As características técnicas do Projeto “As Is” da barragem são as seguintes:

Tabela 11 – Características do Projeto “As Is” da Barragem Água Limpa – Dados Gerais.

Dados Gerais	
Elevação da Crista	893.85 m
Altura Máxima da Barragem	10 m
Comprimento da Crista	123 m
Tipo de Seção	Solo compactado
Largura do coroamento	6.78 m
Inclinação geral do talude de jusante	1V-1,5H
Inclinação geral do talude de montante	1V-1,5H
Volume estimado de aterro	33948 m ³
Volume de água no reservatório	2453 m ³
Volume depositado (sólido e água – EL.892,90)	177.067 m ³

Fonte: Ferreira (2022).

Tabela 12 – Características do Projeto “As Is” da Barragem Água Limpa – Hidrologia e Hidráulica.

Hidrologia / Hidráulica (TR = 100 anos)	
Borda Livre	1.00 m
Área da Bacia	1,8 km ²
Duração Crítica da Chuva	40 minutos
Chuva de projeto	128,09 mm/h
Vazão de Projeto	6,201 m ³ /s

Fonte: Ferreira (2022).

A descaracterização de uma estrutura minerária é uma das etapas de um projeto de mineração. Está é a última etapa de um projeto minerário, e consiste no fechamento de uma estrutura que não será mais usada. Durante este capítulo será descrito todas as etapas da descaracterização da Barragem Água Limpa, mostrando em figuras cada uma dessas etapas, descrevendo os trabalhos a serem executados.

Conforme determina a Resolução Nº 32, de 11 de maio de 2020, da ANM, a descaracterização de uma barragem compreende nas etapas de descomissionamento, em que há o encerramento das operações com a remoção das infraestruturas associadas; de controle hidrológico e hidrogeológico, com a adoção de medidas efetivas para reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório; de estabilização, com a execução de medidas tomadas para garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local; e de monitoramento, através do acompanhamento pelo período necessário para verificar a eficácia das medidas de estabilização.

Essa estrutura foi construída com finalidade de contenção de finos transportados por águas pluviais, provenientes do beneficiamento mineral de minério de manganês, havendo também o uso para armazenamento de água no reservatório. Destaca-se que ela é considerada inativa, fora de operação, sendo que nunca foi utilizada de fato como depósito de rejeitos.

Como a estrutura já se encontra desativada, durante a descaracterização teremos apenas uma principal fase, o fechamento da estrutura. Os procedimentos dessa fase são a operação de desmobilização e recuperação ambiental. Portanto, o processo de descaracterização consiste na última etapa de um projeto de mineração, e tem como objetivo a reinserção da área afetada ao meio ambiente, a fim de aproximar-se ao máximo do ambiente primitivo.

Devido ao seu status de inativa, há a necessidade de iniciar o processo de descaracterização a fim de reinserir esta estrutura ao meio ambiente, reduzindo ao máximo o impacto gerado na região com a instalação desta estrutura.

Os procedimentos e etapas que irão envolver esse trabalho são a construção de um canal de drenagem para um curso de água natural existente, drenagem da água existente no reservatório, selagem do reservatório com material argiloso, gerenciamento de águas pluviais (drenagem superficial) e, por último, a revegetação da área com espécies nativas.

A descrição da construção do canal de drenagem foi detalhada no item 11 (Estudos Hidráulicos), e os demais itens desse projeto serão descritos na sequência.

A segunda fase da descaracterização da Barragem Água Limpa consiste na retirada da água presente no reservatório. O volume a ser drenado é de aproximadamente 3.104m³.

Como apresentado na Figura 30, Figura 31 e Figura 32, a maior parte do reservatório encontra-se seco. Basicamente, o reservatório é formado por uma pequena região alagada no setor sul, e em toda a área restante encontra-se seco, com presença de vegetação e pequenas áreas de brejo.

Figura 30 – Foto da região seca do reservatório.



Fonte: Ferreira (2022).

Figura 31 – Vista em detalhe da região seca do reservatório.



Fonte: Ferreira (2022).

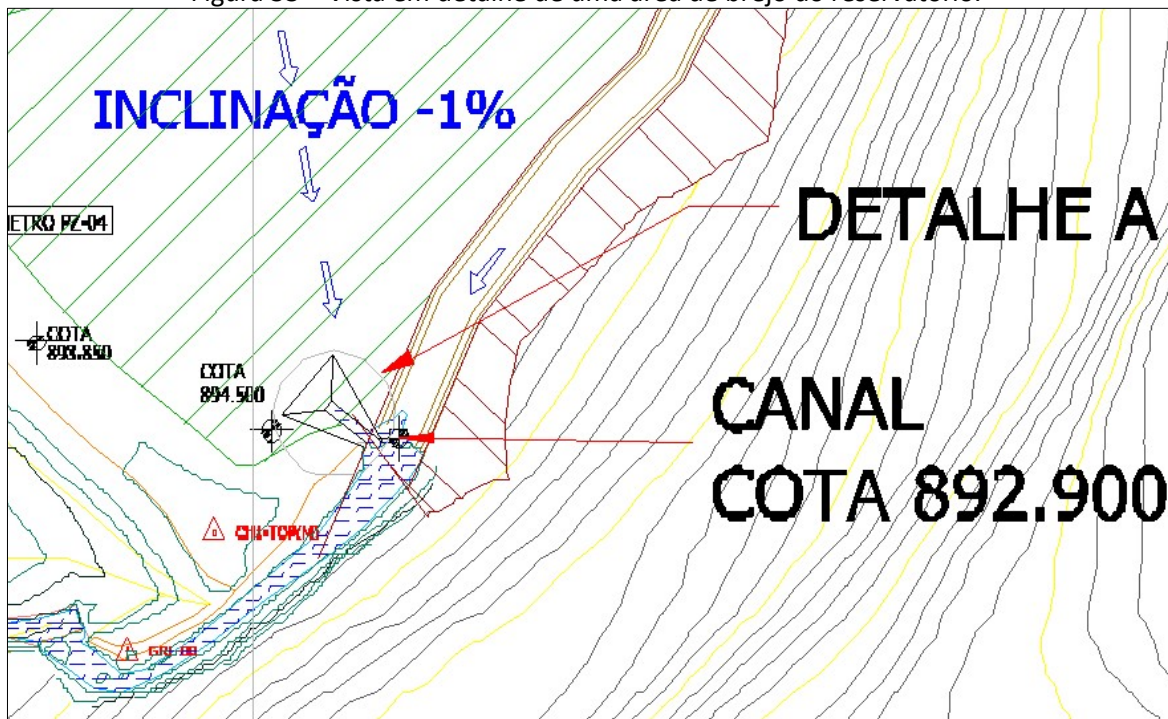
Figura 32 – Vista em detalhe de uma área de brejo do reservatório.



Fonte: Ferreira (2022).

Para realizar o processo de drenagem da água do reservatório, deverá ser feito o rebaixamento do extravasor existente (elevação original 892,90) na região sul. O rebaixamento será feito em etapas a fim de proporcionar uma drenagem controlada. No primeiro momento, será feito um rebaixamento do extravasor até a cota 892,50 metros. Após o escoamento de parte desse líquido, o extravasor passará por um novo rebaixamento até a cota 890 metros. A água será direcionada para o sistema extravasor existente, em direção à jusante. O intuito dessa fase é drenar todo o líquido contido na barragem, de forma controlada, com o objetivo de secá-la. O desenho da Figura 33 mostra esse processo de deságue.

Figura 33 – Vista em detalhe de uma área de brejo do reservatório.



Fonte: Ferreira (2022).

A terceira fase da descaracterização da barragem é referente à selagem com material argiloso da estrutura e a formação do gerenciamento de águas pluviais (drenagem superficial). Neste trabalho, será necessário trabalhar em etapas, a fim de oferecer tempo de secagem e segurança operacional do maquinário sobre a estrutura. Durante o trabalho de selagem, a formação proposta é a selagem até a elevação de 900,80 metros na parte norte, e 894,50 na parte sul, para onde o fluxo de águas superficiais será direcionado, com uma inclinação de 1%. Vale ressaltar que o sistema extravasor será utilizado para a drenagem de fluxo pluvial (superficial) após a descaracterização. Para os trabalhos de selagem do reservatório da Barragem Água Limpa, será necessário um volume de material de 226.852,563m³.

Este trabalho de selagem do reservatório da Barragem Água Limpa será executado em três etapas, a fim de permitir o tempo necessário para secagem das partes ainda úmidas e segurança do pessoal e dos maquinários envolvidos nos trabalhos. O processo de selagem e formação do gerenciamento de águas pluviais será feito de norte a sul, com isso o material úmido vai sendo empurrado e secando com o processo de evapotranspiração. As figuras a seguir mostram esse processo de selagem por etapa, até a configuração final da estrutura.

A Figura 34 a seguir, mostra o reservatório da Barragem Água Limpa após a drenagem da água existente.

Figura 34 – Representação do reservatório (em marrom) antes do início do processo de selagem.



Fonte: Ferreira (2022).

A Figura 35 mostra as etapas seguintes de preenchimento com material argiloso e os trabalhos de selagem, nas regiões norte, centro e sul.

A Figura 36 a seguir, mostra o reservatório da Barragem Água Limpa totalmente selada e as setas vermelhas indicam o trajeto que será percorrido pela drenagem superficial. Este gerenciamento de águas pluviais da região selada, irá direcionar a drenagem para o elemento de condução de águas pluviais localizado na região sul da cava, onde essa água captada será direcionada para o deságue na região de jusante, até o Rio das Mortes.

Figura 35 – Representação da terceira e última etapa de selagem.



Fonte: Ferreira (2022).

Figura 36 – Reservatório totalmente selado e com o gerenciamento de águas pluviais.



Fonte: Ferreira (2022).

Para o cálculo da área da seção do elemento de deságue, usou-se a fórmula a seguir, e as informações da Tabela 13, referentes ao item 10.3 deste relatório:

$$Q_{sMáx} = v \times A \rightarrow a = \frac{Q_{sMáx}}{v} \quad (9)$$

Onde:

A= área da seção transversal do canal (m²);

v= velocidade de escoamento;

Q_{sMax}= vazão superficial máxima (m³/s);

Tabela 13 – Informações para cálculo da área da seção transversal do canal.

Velocidade do escoamento (m/s)	1,2990
Vazão superficial máxima (m ³ /s)	1,11

Fonte: Ferreira (2020).

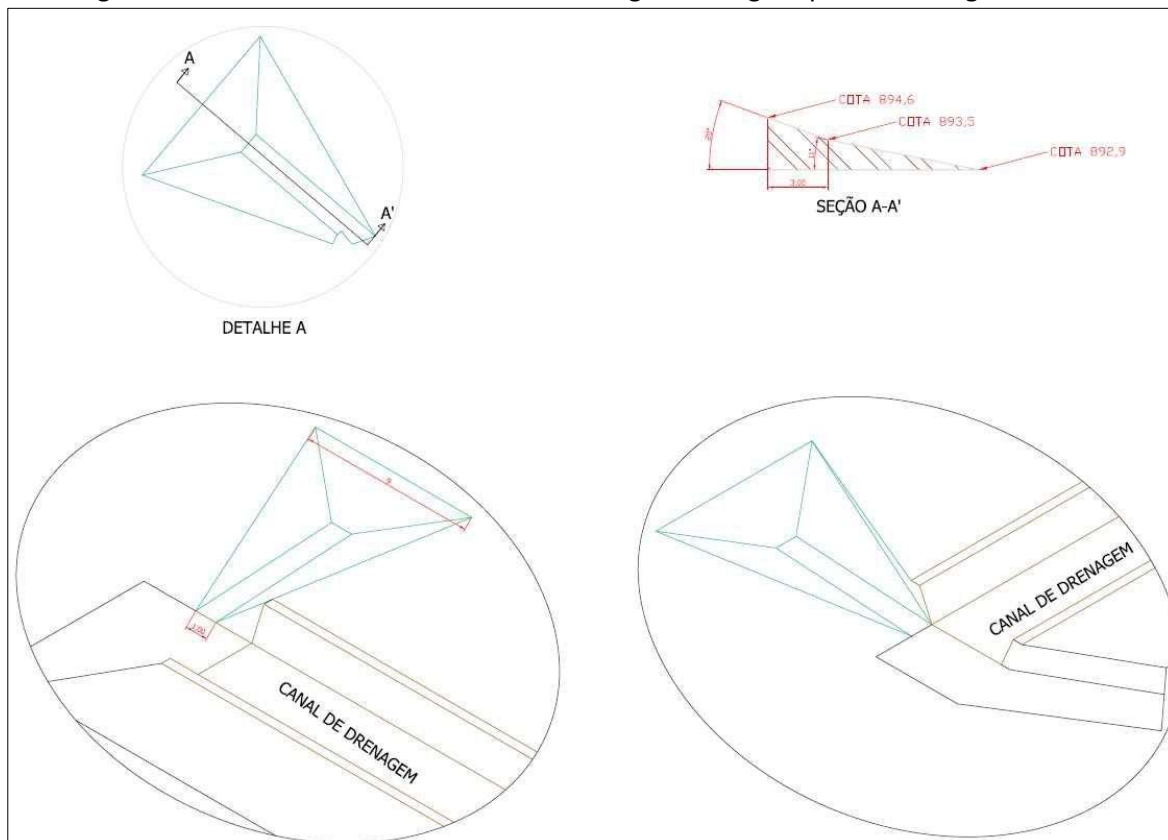
A partir disso, chegou-se a uma área necessária de 0,85m². Foi projetada uma seção trapezoidal, como a detalhada na Figura 37, e apresentado em planta na Figura 33, atendendo de forma conservadora a vazão superficial calculada. Este canal de saída para o deságue é apresentado a seguir e faz parte do desenho de projeto executivo MLF-DE-GL004-04-2020.

Por fim, e como a última etapa da descaracterização da Barragem Água Limpa será a revegetação nas áreas que sofreram modificações, apresentam solo exposto e são tecnicamente consideradas como áreas degradadas. Cabe destacar que segundo Macedo (1992), áreas degradadas são aquelas cujos fatores de produção são ineficientes para naturalmente recomponem a perda de seu potencial produtivo.

A área que será revegetada tem aproximadamente 71.427m² (7,14ha), composta por topografia plana, referente a área de recobrimento do reservatório da barragem.

A primeira medida adotada, será execução de cercamento, com madeira e arames de aço, conforme já é de uso nesta área de todo seu perímetro para evitar-se o acesso de animais de médio e grande porte, como caprinos e bovinos, para evitar pisoteio das mudas, bem como a execução de drenos, se necessário, para evitar formação de ravinas e erosões.

Figura 37 – Detalhe do canal de saída da drenagem das águas pluviais da região selada.



Fonte: Ferreira (2022).

14. IMPACTO HIDROLÓGICO A MONTANTE E JUSANTE DO CURSO D'ÁGUA

Com o desvio total do córrego do Tanque, espera-se a continuidade de seu fluxo, sem alteração e impactos hidrológicos relevante para região a montante e jusante, visto que toda a drenagem manterá seu fluxo.

15. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados de todos os trabalhos executados para elaboração deste relatório para a descaracterização da Barragem Água Limpa, permitem as seguintes conclusões e recomendações:

Todos os resultados obtidos para fatores de segurança para que permitem avaliar as condições de estabilidade frente às solicitações impostas ao maciço do barramento e aos taludes da selagem

no reservatório da Barragem Água Limpa para este projeto, inclusas aquelas devido à sismicidade induzida, indicam uma condição confortável no que respeita às condições de estabilidade geotécnica das estruturas;

Destaca-se que, conforme RISR (Relatório de Inspeção de Segurança Regular) de agosto de 2020, a Barragem Água Limpa, em sua conformação atual, possui uma geometria que confere padrões de segurança elevados, podendo esta estrutura ser considerada em condição de descaracterização, com as medidas de acompanhamento sugeridas neste relatório, juntamente com o programa de monitoramento nele contido;

Para esta estrutura serão necessários apenas inspeções para acompanhamento de desenvolvimento de revegetação e verificação de ocorrência de processos erosivos;

Não se verificou locais com necessidades de execução de trabalhos corretivos ou de manutenção, uma vez que as condições da barragem e do reservatório estão adequadas, e a Barragem Água Limpa apresenta boas condições de manutenção tanto nos taludes de seu maciço, quanto nos dispositivos e equipamentos instalados.

Portanto, que os trabalhos de avaliação e análise da Barragem Água Limpa confirmam que esta estrutura está apta para a sua descaracterização

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila C.A. 2000. Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton do São Francisco, região de São João del Rei, MG. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 401 p.

ÁVILA, C. A. 1992. Geologia, Petrografia e Geoquímica das rochas Précambrianas (unidade metadiorítica Itutinga e unidade metatrondjemítica Caburú) intrusivas nas rochas do Greenstone Belt Barbacena, São João dei Rei, Minas Gerais. Tese de Mestrado, **IGEO - UFRJ**, Rio de Janeiro, 268 p.

ÁVILA, C.A. & VALENÇA, J.G. 1992. Estratigrafia e cronologia relativa dos principais tipos litológicos do embasamento da região de São João Del Rei, Minas Gerais. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 37. São Paulo, 1992. Bol. Res. Exp...São Paulo, SBG. v.2, p. 136-137.

ÁVILA, Ciro Alexandre; BONGIOLO, Everton Marques; SEOANE, José Carlos Sícoli; VILELA, Francisco Teixeira; PINHEIRO, Marco Aurélio Piacentini; VASCONCELOS, Fabiana Francode; CARDOSO, Carolina Dantas; SILVEIRA, Viktor Souto Louback; SILVA, Pamella Regina Santos da; SIMON, Maurício Bulhões; FAULSTICH, Fabiano Richard Leite; PIRES, Gustavo Luiz Campos; TEDESCHI, Mahyra Ferreira. Projeto ARIM: Reavaliação das Sequências Metavulcanossedimentares a Sudoeste do Quadrilátero Ferrífero: Carta Geológica Folha Nazareno SF.23-X-C-I-2, escala 1:50.000. Belo Horizonte: **Serviço Geológico do Brasil – CPRM**, 2019.

Barbosa O. 1954. Evolution du geossinclinal Espinhaço. In: **Inter. Geol. Congr.**, Comptes. Rendus, section XIII, 19 e session: 1-37, 1952, Argélia.

Brandalise L.A. 1991. Folha Barbacena, SF. 23-X-C-III, 1:100.000, Estado de Minas Gerais. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos). Brasília, **DNPM/CPRM**. 162 p. (Texto explicativo).

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, 1998.

BRASIL. Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008. **Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.** Brasília, 2008.

BRASIL. Decreto no 750, de 10 de fevereiro de 1993. **Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica, e dá outras providências.** Brasília, 1993.

BRASIL. Lei n. 11.428, 22 de setembro de 2006. **Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.** Brasília, 2006.

Černý, P., Novak, M., Chapman, R., 1992. Effects of sillimanite-grade metamorphism and shearing on Nb–Ta oxide minerals in granitic pegmatites: Marsikov, northern Moravia Czechoslovakia. **Canadian Mineralogist.** 30:699–718.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Ferais. Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: **CETEC**, 1983. P. 50-64 (Série Publicações Técnicas, n. 10, v. 1).

Coelho I. S. 1942. Ocorrência de cassiterita em São João del Rei. **Mineração e Metalurgia**, 6(36): 288-289.

Conselho Estadual de Política Ambiental e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. Deliberação Normativa COPAM-CERH/MG nº 08, de 21 de novembro de 2022. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências no Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte, Diário do Executivo de Minas Gerais, 01 dez. 2022.

COUTINHO, J. M. V. 1968. O gnaisse alcalino da Serra do Matola. Cadeira de Mineralogia e Petrologia n 15, Boletim n 292, **Fac. Filosofia, Ciências e Letras, USP**, São Paulo, 135 p.

Ebert H. 1955. Pesquisas geológicas na parte sudeste do Estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro, **DGM**, p. 79-89 (Relatório Anual do Diretor).

Ebert H. 1957. A Tectônica do sul do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. Rio de Janeiro, **DNPM/DGM**, p. 97-107. (Relatório Anual do Diretor).

EBERT, H.; 1956a. Relatório sobre a atividade durante o ano de 1956. Tectônica do PréCambriano (São João dei Rei). In: Relatório Anual do Diretor ano 1955, **DGM**, Rio de Janeiro: p. 69-81 .

EBERT, H.; 1956b. A tectônica do sul do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. In: Relatório Anual do Diretor, ano 1955, **DGM**, Rio de Janeiro : p. 97-107 e p. 136-137.

EBERT, H.; 1971. Os paraibides entre São João dei Rei, Minas Gerais e Araxáides. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 25, São Paulo, 1971. Resulllo ... , São Paulo, SBG, p. 177-178.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos 2.ed.** Brasília, DF: Embrapa, 2006. 306p.rada

FERREIRA, V.M. Voçorocas no município de Nazareno, MG: origem, uso da terra e atributos do solo. 2005. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). **Universidade Federal de Lavras**, Lavras, 2005.

FERREIRA, M. L; 2020. **Relatório “as is” da barragem água limpa – análise de estabilidade.** MLF-RT-GL001-2020. Belo Horizonte, 2020. 34p.

FERREIRA, M. L; 2020. **Relatório Projeto de Descaracterização da Barragem Água Limpa.** MLF-RT-GL004-2020. Belo Horizonte, 2020. 79p.

Francesconi R. 1972. Pegmatitos da região de São João del Rey, MG. Programa de Pós-graduação em Geologia, **Universidade de São Paulo**, Tese de Doutorado, 170p.

GIAROLA, N.F.B. et al. Solos da região sob influência do reservatório da hidrelétrica de Itutinga/Camargos (MG): perspectiva ambiental. Lavras: **CEMIG**, 1997. 101p.

Guimarães D. & Guedes S.V. 1944. Nota Preliminar sobre a região estanífera de São João del Rei, Minas Gerais. Avulso do Departamento Nacional de Produção Mineral - **DNPM**, 58: 11-24.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. Censo Brasileiro de 2022. Rio de Janeiro: **IBGE**. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/sao-tiago/panorama>. Acesso em 02 Jul. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. Mapa Clima do Brasil. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: **IBGE**. 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias: 2017 / **IBGE**, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: **IBGE**, 2017.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Topodata: Banco de dados geomorfométricos do Brasil. MDE refinado e suas derivações (variáveis) geomorfométricas locais. **INPE**. São José dos Campos, 2009. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Acesso em: 02 jun. 2023.

KRUMBEIN, W. C. e SLOSS, L. L. - 1963 - **Stratigraphy and Sedimentation**, 2.ª ed., W. H. Freeman and Co., 660 pp.

MACEDO, R. L. G. Sistemas agroflorestais com leguminosas arbóreas para recuperar áreas degradadas por atividades agropecuárias. In: **SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**, 1, 1992, Curitiba. Anais. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1992. p. 288-297.

Título: *Desvio Total do Córrego do Tanque – Descaracterização da Barragem Água Limpa*
Solicitação SEI: 2090.01.0012089/2024-67 | FCE de Referência: R044065/2024
Julho/2024

NÚMERO (Controle)

REVISÃO

1

NÚMERO CONTRATADA

Página 77 de 79

Machado Filho L., Ribeiro M., Gonzalez S.R., Schenini C.A., Santos Neto A. dos; Palmeira R. C., Pires J.L., Teixeira W., Castro H.E.F. 1983. Geologia das Folhas Rio de Janeiro (SF 23/24) escala 1:1.000.000, mapa e texto explicativo. Rio de Janeiro, MME. 780p. (**Projeto RADAM Brasil**).

Machado N., Noce C.M., Ladeira E.A., Belo de Oliveira O.A. 1992. U-Pb geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco Craton, Brazil. **Geol. Soc. Am. Bul.**, 104:1221-1227.

MACHADO, N. & NOCE, C.M. 1993. A evolução do setor sul do Cráton do São Francisco entre 3,1 e 0.5 Ga baseada em geocronologia U-Pb. In: **SIMP. CRÁTON DO SÃO FRANCISCO**, 2, Salvador, 1993 Anais... Salvador, p. 100-102.

MARQUES, J.J.G.S.M.; CURI, N.; LIMA, J.M. Recursos ambientais da Bacia do Alto Rio Grande, Minas Gerais Lavras: **UFLA/FAEPE**, 2002. 33p.

MINAS GERAIS. DECRETO Nº 48.639, DE 22/06/2023. Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica Nascentes do Rio Grande. Belo Horizonte, **Diário do Executivo de Minas Gerais**, 22 Jun. 2023.

PACIULLO, F. V. P. 1992. Orto-anfíbolitos no Ciclo Depositional Andrelândia: composição química e ambiente tectônico. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 37, São Paulo, 1992. Boi. res.exp..., São Paulo, vol. 2, p. 28-29.

PFAFSTETTER, Otto. **Chuvas intensas no Brasil: Relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos**. Globo, 1957.

PINTO, C. P.; BRANDALISE, L. A.; VIANA, H. S.; BRUNO, E. M. 1992. Suíte metamórfica São Bento dos Torres, Serra da Mantiqueira - MG. REM: R. **Escola de Minas**, Ouro Preto, 45 (I e 2): 187-189.

PIRES, F. R. M.; 1977. Geologia do Distrito Manganêsifem de Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais. Tese de Mestrado (inédito), **IG-UFRJ**, Rio de Janeiro, RJ, 344 p.

PIRES, F.R.M.; 1978. The Archean Barbacena greenstone belt in its typical development and the itabirite distribution at the Lafaiete District. An. **Acad. Bras. Ciênc.**,50, 599-600.

Quéméneur J.J.G & Lagache M. 1994. La Holmquistite des Pegmatites de Volta Grande Pres de São João del Rei, Minas Gerais, Bresil: Caracteristiques Chimiques et Mineralogiques. **Geonomos**, 2(2):15-21.

Quéméneur J.J.G. & Baraud E.R. 1983. Estrutura do embasamento Arqueano e geologia econômica da área pegmatítica de São João del Rei - MG. In: **Simpósio Geologia Minas Gerais**, 2, Belo Horizonte, Anais, 1:449- 460.

Quéméneur J.J.G. & Garcia D. 1993. Os maciços de tabuões e Ritópolis na região de São João Del Rei, Granitóides transamazônicos com a associação granite-trondhjemitite-pegmatite. In: **Simpósio Geologia Minas Gerais**, 7, Belo Horizonte, Anais, 1:105-107.

RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais. Folha SD-23/SD-24/SE-22/SE-23/SE-24/SF-23/SF-24. Minas Gerais: **IBGE**, 1983.

RIBEIRO, A; PACIULLO, F. V. P.; ANDREIS, R. R; TROUW, R A J. e HEILBRON, M.; 1990. Evolução; policíclica proterozóica no sul do Cráton do São Francisco : análise da região de São João dei Rei e Andrelândia, MG. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 36. , Natal, 1990. Anais... , SBG, 6 : 2605-2614 .

SLOSS, L.L. 1983. Sequences in the cratonic interior of North America.The Geological Society of Amercan Bulletin. New Yourk, USA: **GSA**, v74, p. 93-113.

Teixeira W., Sabaté P., Barbosa J., Noce C. M., Carneiro M. A. 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. ThomazFilho, D.A. Campos, D. A. (eds.) **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro, p. 101-138.

Título: Desvio Total do Córrego do Tanque – Descaracterização da Barragem Água Limpa
Solicitação SEI: 2090.01.0012089/2024-67 | FCE de Referência: R044065/2024
Julho/2024

NÚMERO (Controle)

REVISÃO

1

NÚMERO CONTRATADA

Página 79 de 79

TEIXEIRA, w.; 1993. Avaliação do acervo de dados geocronológicos e isotópicos do Cráton do São Francisco - implicações tectônicas. In: DOMINGUEZ e MISI ed., **O Cráton do São Francisco: trabalhos apresentados na Reunião Preparatória do Segundo Simpósio sobre o Cratol do São Francisco, Salvador, SGB**, Núcleo BA-SE: 11-33.

TROUW, R. A J. ; RIBEIRO, A ; PACIULLO, F. V. P.; 1986. Contribuição à geologia de Folha Barbacena -1 :250.000. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 34, Goiânia, 1986. Anais , SBG, v.2, p. 974-984.

Valença J.G.; Silva M.A.; Schimitt R.S.; Trouw R.A.J.; Noce C.M. 2000. Transamazonian gabbronoritic intrusive rocks from the southernmost São Francisco Craton Brazil). In: **International Geological Congress**, 31. 2000.