



# **SUL AMERICANA DE METAIS S/A - SAM**

**PROJETO VALE DO RIO PARDO - MINAS GERAIS E  
BAHIA**

**ESTUDO DE IMPACTOS  
AMBIENTAIS (EIA)**

**MÓDULO 6 - DIAGNÓSTICO DO MEIO  
FÍSICO - COMPLEXO MINERÁRIO E  
ADUTORA**

**VOLUME I**



# **SUL AMERICANA DE METAIS S/A - SAM**

**PROJETO VALE DO RIO PARDO - MINAS GERAIS E  
BAHIA**

**ESTUDO DE IMPACTOS  
AMBIENTAIS (EIA)**

**MODULO 6 - DIAGNÓSTICO DO MEIO  
FÍSICO - COMPLEXO MINERÁRIO E  
ADUTORA**

---

**JUNHO DE 2012**



## 1 - IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO	
Razão social	SUL AMERICANA DE METAIS S.A.
CNPJ	08.289.492/0001-99
Inscrição Estadual	Isento
Inscrição Municipal	-
Endereço completo	Rodovia Salinas / Taiobeiras, 60 - Bairro Novo Panorama, CEP 39560-000, Salinas/MG
CTF no IBAMA	4896097

PESSOAS PARA CONTATO	
Nomes	Haroldo Freischfresser - CPF 013.993.988-14 Marco Túlio Naves de Carvalho - CPF 428.749.121-15
Endereço	Avenida das Nações Unidas, 1.251 - 18º andar - Conj. 1801, Brooklin - São Paulo - SP - CEP 04578-903
Cargo / função	Haroldo Freischfresser - Presidente Marco Túlio Naves de Carvalho - Diretor de Geologia e Meio Ambiente
Telefone(s)	(11) 3043-8811 e Fax (11) 3043-8810
Endereços eletrônicos	<a href="mailto:haroldo.fleisch@sammetais.com.br">haroldo.fleisch@sammetais.com.br</a> <a href="mailto:marco.tulio@sammetais.com.br">marco.tulio@sammetais.com.br</a>
Representante Legal	Haroldo Freischfresser
CPF	428.749.121-15
CTF no IBAMA	294127
Endereço	Avenida das Nações Unidas, 1.251 - 18º andar - Conj. 1801, Brooklin - São Paulo - SP - CEP 04578-903
Telefone e Fax	(11) 3043-8811 e Fax (11) 3043-8810
Email	haroldo.fleisch@sammetais.com.br

## 2 - RESPONSABILIDADE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS			
Razão social:	BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA.	http:	www.brandt.com.br
CNPJ:	71.061.162/0001-88	Diretor Operacional:	Sergio Avelar
CTF no IBAMA nº 197484			
Nova Lima / MG - Alameda do Ingá, 89 - Vale do Sereno - 34000-000 - Nova Lima - MG Tel (31) 3071 7000 - Fax (31) 3071 7002 - <a href="mailto:bma@brandt.com.br">bma@brandt.com.br</a>			
TÉCNICO	FORMAÇÃO/ REGISTRO PROF.	RESPONSABILIDADE NO PROJETO	
Alceu Raposo Júnior	Geógrafo CREA MG 77292/D	Elaboração do estudo climatológico, elaboração do modelo de dispersão.	
Amanda Almeida Raposo	Geógrafa CREA MG 126443/LP	Elaboração de Diagnóstico hidrográfico regional. Elaboração do relatório de nascentes, travessias e usos. Revisão dos mapas do meio físico.	
Cecília Siman Gomes	Geógrafa CREA MG 141518/LP	Elaboração dos itens de susceptibilidade à erosão, aptidão agrícola dos solos usos, demandas e disponibilidade hídrica dos recursos hídricos. Avaliação de impactos do meio físico referentes aos recursos hídricos e processos erosivos.	
Maíra Campolina	Geógrafa CREA MG 88244/D	Elaboração do levantamento dos direitos minerais na área do complexo minerário.	
Fernanda Sampaio	Engenheira Química CRQ 02301437	Qualidade das águas, do ar, ruído e vibração.	
Júlia Maria de Paula Alves	Engenheira Geóloga CREA MG 62866/D	Diagnóstico de geologia e hidrogeologia.	
Laura Amaral Faria	Geógrafa CREA MG 133585/D	Revisão dos relatórios de geomorfologia e pedologia.	
Leticia Teixeira Palla Braga	Geógrafa CREA 103.468/LP	Elaboração de diagnósticos regionais de geomorfologia e pedologia.	
Ricardo Diniz Kai	Geógrafo CREA MG 69.963/D	Coordenação do meio físico e elaboração dos diagnósticos de geomorfologia do Complexo Minerário e Adutora. Diagnósticos de Pedologia e Recursos Hídricos do Complexo Minerário, Adutora. Elaboração do item Patrimônio espeleológico. Coordenação de equipes de campo. Avaliação de impactos ambientais. Elaboração de programas de controle ambientais conceituais.	
Roberta Borges Parreira	Geógrafa CREA MG 149688/LP	Auxílio na elaboração de diagnósticos e mapas.	
PRODUÇÃO GRÁFICA	Gustavo Freitas	Assistente de produção	
	Leonardo Ferreira	Assistente de produção	
	Eli Lemos	Gerenciamento / edição	

<b>COORDENADORES RESPONSÁVEIS PELO MÓDULO 6</b>			
Técnico	Formação / Registro Profissional	CTF no IBAMA	Responsabilidade
Ricardo Diniz Kai	Geógrafo CREA 69.963/D	995649	Coordenador dos Estudos do Meio Físico

<b>ASSINATURAS E RUBRICAS DOS COORDENADORES DO MÓDULO 6</b>		
Responsável Técnico	Assinatura	Rubrica
Ricardo Diniz Kai		

As ART's e CTF's dos Coordenadores do Módulo 6 do EIA podem ser encontradas no Anexo 3 do Módulo 1 do Estudo de Impactos Ambientais.

## **3 - DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **3.1 - Área de Estudo do Meio Físico para o Complexo Minerário e Adutora**

#### **3.1.1 - Complexo minerário**

A área de estudo do complexo minerário compreendeu, além da área diretamente afetada pela implantação da estrutura minerária (cava, barragem de rejeito, barragens de água, pilha de material estéril, estruturas industriais, estruturas de apoio e acessos), as áreas adjacentes onde, inicialmente, vislumbrou-se a possível ocorrência de impactos diretos e indiretos do empreendimento.

A definição da área de estudo do meio físico considerou elementos referentes à geologia, geomorfologia, pedologia e recursos hídricos, entre outros temas, no intuito de se estabelecer um limite geográfico condizente com a tipologia do empreendimento e sua dimensão, associadas às características fisiográficas locais. Cabe destacar que o levantamento de dados primários se deu em toda a área, mas teve ênfase na área diretamente afetada e seu entorno.

Dessa forma, a área de estudo abrangeu toda a porção superior da sub-bacia do córrego Lamarão, bem como a do vale do córrego Jibóia, seu tributário da margem esquerda. Também abrangeu a micro-bacia do córrego D'água, tributário da margem direita do Lamarão, que segue perpendicularmente à drenagem principal do mesmo no trecho logo a jusante da área prevista para a implantação da cava.

Portanto, como referência geográfica, cita-se que, ao sul, o limite da área de estudo segue paralelo à rodovia BR-251, local onde se inserem os divisores de águas da micro-bacia do córrego Jibóia e da sub-bacia do córrego Lamarão, e os afluentes locais deste último, córrego da Batalha e córrego do Vale.

A oeste, a área de estudo se estende por toda a micro-bacia do córrego Jibóia, seguindo para norte-nordeste e então para leste até a sua foz no córrego Lamarão, limite norte da área. A partir deste ponto o limite da área de estudo toma rumo sudeste, direção na qual segue pelo divisor de águas local, quando atinge a cota de 909 metros.

A partir desse ponto inicia-se o limite leste da área de estudo, que segue pela baixa vertente da margem direita do córrego Lamarão em direção ao sul. Nesse sentido, ele passa a atingir as cotas mais altas, subindo pelo divisor de águas do córrego Lamarão, onde passa pelos altos topográficos, com cotas de 891 e 914 metros, situados no platô que delimita o vale em sua porção leste, até atingir o extremo sul da área, nas cabeceiras do córrego do Vale.

O Anexo 01 (Mapa da Área de Estudo - Complexo Minerário) apresenta os limites da área de estudo do Complexo Minerário.



### 3.1.2 - Adutora

A área de estudo da adutora que irá suprir a demanda de água do complexo minerário foi definida como uma faixa (*buffer*) dentro do qual se aventa a provável ocorrência dos impactos potenciais diretos e indiretos. Assim, estabeleceu-se para tal um limite de 500 metros para cada lado do seu eixo, com o objetivo de se diagnosticar os elementos do Meio Físico da região onde se pretende implantar o empreendimento.

Tal faixa foi fundamentada em bibliografia especializada (Forman & Alexander 2008), bem como em experiências anteriores no trato de empreendimentos lineares dessa natureza. Nesse sentido, há que se destacar a relevância dada à geologia, geomorfologia, pedologia e aos recursos hídricos, para os quais se empreendeu levantamento com foco específico, sobretudo nas áreas sujeitas a intervenções diretas (travessias).

Entre os aspectos inerentes ao empreendimento, sobretudo na fase de implantação, quando devem ocorrer os impactos mais significativos, foram considerados os efeitos potenciais das obras, como a geração de poeira e ruído, que dada a natureza e o porte da obra, ficariam restritos em tal limite.

O Anexo 02 (Mapa da Área de Estudo - Adutora) apresenta a área de estudo da adutora.

## 4 - CLIMA E METEOROLOGIA

### 4.1 - Metodologia

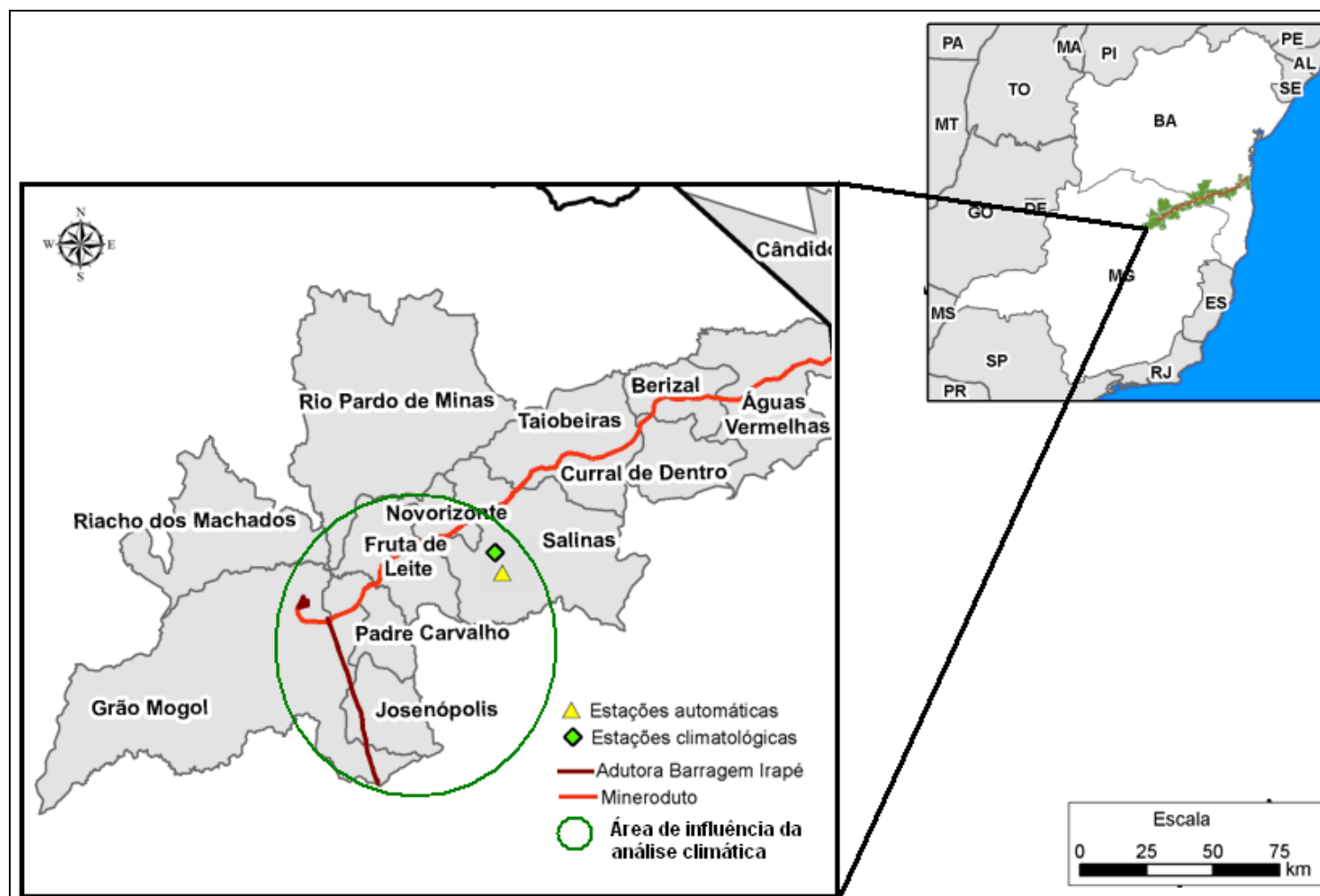
Para um melhor entendimento da dinâmica atmosférica sobre uma determinada área, inicia-se uma observação mais global dessa circulação, na qual a localidade de interesse esteja inserida. No caso presente, serão visualizadas as características sinóticas dominantes sobre o Brasil, com enfoque principalmente para o Estado de Minas Gerais e para a região de Grão Mogol, Padre Carvalho, Josenópolis e Salinas. Dessa forma, será possível compreender melhor o tempo e o clima onde se propõem a instalação do referido empreendimento.

No diagnóstico climático ora apresentado foi feita uma análise detalhada dos principais parâmetros meteorológicos disponíveis, como: precipitação, temperaturas, umidade relativa, nebulosidade, pressão atmosférica, déficit e superávit hídrico, velocidade e direção dos ventos, entre outros.

Para se obter dados climatológicos de uma região, são analisados e aferidos diariamente todos os parâmetros meteorológicos durante um período de trinta anos. Essas aferições são registradas em banco de dados específico para posterior tratamento. Os dados utilizados neste diagnóstico fazem parte das Normais Climatológicas de Salinas (1961-1990) obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Após determinar quais as climatologias mais apropriadas, as informações foram inseridas no documento final no formato de gráficos e outros recursos visuais, propiciando o enriquecimento das análises (Figura 4.1).

Em relação às variáveis direção predominante e velocidade dos ventos, além da informação climatológica optou-se pela utilização de um ano de informações (2010) oriundas da estação automática INMET localizada em Salinas. Essa análise permitiu a confirmação do comportamento dos ventos na região de interesse em relação à climatologia local. Apesar de este parâmetro possuir variações locais e ser influenciada por fatores topográficos, as características geográficas e a distância permitem tal análise e comparação, sendo metodologicamente aplicável.

**FIGURA 4.1 - Localização da área de estudo e estações utilizadas**



## 4.2 - Caracterização Climática Regional

Conforme a classificação do IBGE, a área do empreendimento apresenta o tipo climático Tropical Quente Semi-úmido com 4 a 5 meses secos.

A área de interesse está situada na região norte do Estado de Minas Gerais, próximo ao Vale do Jequitinhonha, caracterizada pela irregularidade na disponibilidade hídrica. Os sistemas sinóticos que atuam no sul do país e no sudeste também exercem sua influência, mas com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade. Também as linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de mesoescala são responsáveis por precipitação durante o verão, segundo Cavalcanti et al. (1982).

Os sistemas frontais que atuam durante parte do ano sobre a região são um dos maiores causadores de distúrbios meteorológicos na área. O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala, conforme figura 4.2.

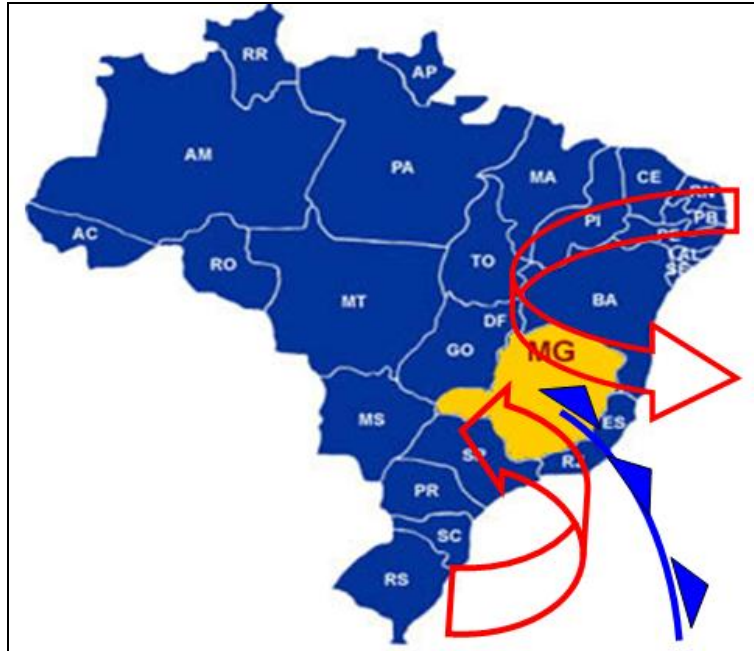
Os sistemas frontais (SF) são originários das latitudes extra-tropicais e possuem vital importância para a climatologia da região Sudeste e para a região do empreendimento. No verão produzem instabilidade e aumento da nebulosidade associada. Os SF são acompanhados por massas de ar de origem polar, que durante o inverno produzem condições de queda das temperaturas, com menor intensidade se comparado à região central do Estado de Minas Gerais. Sob sua influência registram-se as temperaturas mínimas absolutas nessa época do ano (Figura 4.2).

Segundo Ayoade (1998), as baixas latitudes são dominadas por ventos predominantes de leste, nordeste e sudeste, originários do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que compõem o sistema de circulação de larga escala. Sua forte influência é sentida durante todo o ano, impondo à região as características de sua área de origem. Sob sua influência predominam condições de estabilidade atmosférica, fato relativizado pela interação com a superfície subjacente.

A predominância da atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) durante o período que se estende de abril a meados de outubro, de modo geral, garante a estabilidade atmosférica, períodos longos de insolação e baixa nebulosidade sobre toda a região em estudo (Figura 4.3).

O conhecimento das características estruturais da convecção tropical é importante para a compreensão da organização das células convectivas e sua interação com a circulação em grande escala. Na área de estudo se destacam as linhas de instabilidade e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM).

**FIGURA 4.2 - Sumarização da atuação dos sistemas frontais no qual são acompanhados por anticiclones de origem polar em escala sinótica na região do empreendimento.**

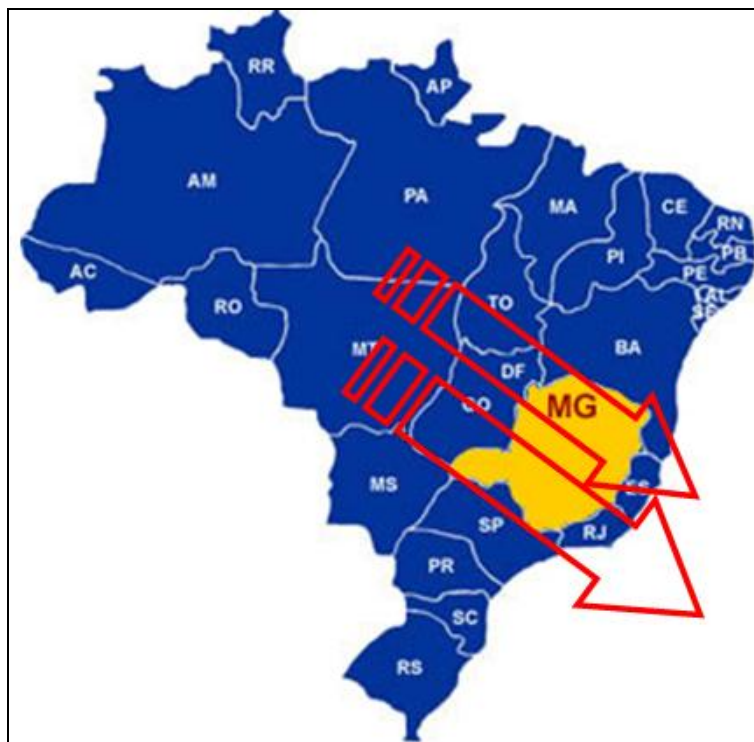


**FIGURA 4.3 - A atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) em escala sinótica e em escala regional para a região do empreendimento.**



Dentro dos sistemas de tempo que atuam na região Sudeste do País durante o verão, inclui-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que possui orientação NW-SE e funciona como uma espécie de corredor que conduz a umidade oriunda da Amazônia para as regiões Centro-Oeste e Sudeste. Esse sistema trás como consequência chuvas de intensidade variada, podendo perdurar de 4 a 14 dias. Ancorada por sistemas frontais, essa configuração sinótica é responsável por índices pluviométricos acima do normal, até se dissipar (Figura 4.4). Salienta-se que a atuação dos eventos de ZCAS na região do empreendimento apresenta características de menor intensidade e frequência se comparado à região central do Estado. A atuação da área de alta pressão do Atlântico Sul é determinante para essa configuração típica.

**FIGURA 4.4 - Representação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que influencia o tempo e o clima na região do empreendimento durante o verão.**



Outros fenômenos de frequência menos intensa e mais irregular atuam na região Sudeste e provocam mudanças significativas nas condições atmosféricas local, com destaque para os anos de atuação do El Niño, quando a precipitação é reduzida e anos de atuação de La Niña, quando os índices pluviométricos aumentam na região Sudeste do Brasil.

## **4.3 - Caracterização Climática Local**

### **4.3.1 - Análise pluviométrica**

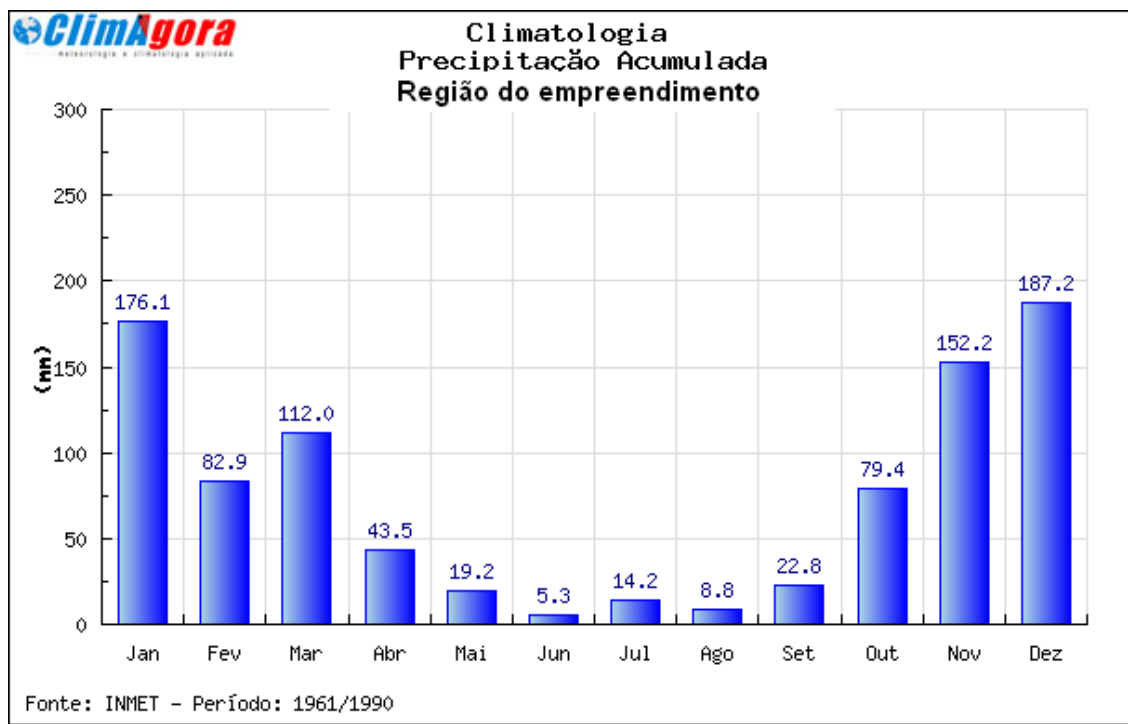
A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos. Tal importância deve-se às consequências que elas podem ocasionar quando ocorridas em excesso (precipitação intensa) para os setores produtivos da sociedade, causando enchentes, assoreamentos dos rios e quedas de barreiras, dentre outros. Da mesma forma, danos econômicos e sociais são evidentes quando da falta de precipitação regular. A região de estudo é afetada frequentemente por esse problema.

Chuva intensa define-se como sendo aquela que registra um grande volume de água precipitado num curto espaço de tempo. Essas chuvas intensas ocorrem isoladamente ou associadas a outros sistemas meteorológicos. O total pluviométrico ao longo do ano para a região do empreendimento é de 903,6 mm, que por sua vez é marcado por uma grande variação interanual (um período seco e chuvoso), com uma média mensal de 75,3 mm. Na região de estudo são raros os casos de precipitação intensa, como ocorre na faixa centro sul do Estado de Minas Gerais. A dinâmica e intensidade dos eventos que atuam no local apresentam características bem típicas.

Os meses mais chuvosos estendem-se de novembro a março (Figura 4.5). Os meses de abril e setembro são meses de transição entre um regime e outro e são marcados pela estação seca na região. Contudo, devido à dinâmica atmosférica e à ação de vários elementos interagindo e alterando esta dinâmica, tanto a estação seca quanto a chuvosa podem sofrer variações intra e interanuais.

A distribuição de chuva entre os meses de novembro a março apresenta os meses de maior precipitação no período, num total médio de 710,4 mm, conforme a climatologia. Por outro lado, nos meses de maio a agosto, devido à baixa atividade convectiva, os valores não ultrapassam a 47,5 mm no total, pois a região fica sob a ação do Anticiclone do Atlântico Sul, induzindo um período de seca bem característico. Não é incomum o registro de ausência de precipitação no trimestre mais seco do ano.

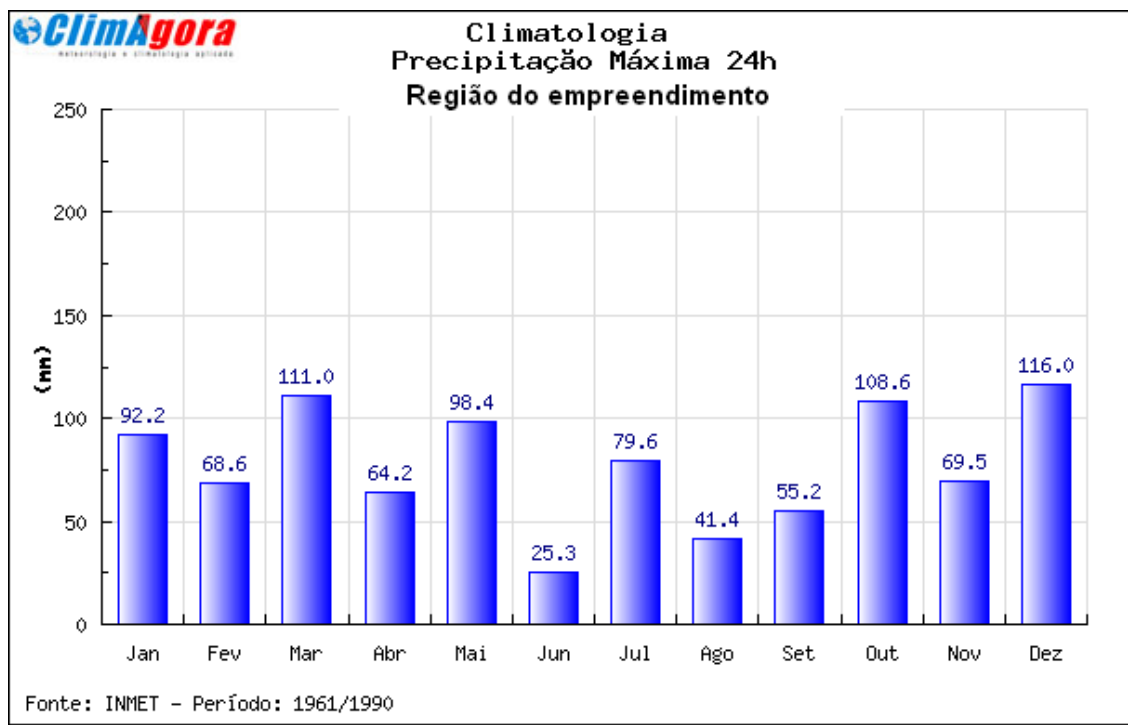
**FIGURA 4.5 - Comportamento climatológico da precipitação (mm)**



Pode-se observar na figura 4.6 que não há uma tendência ao aumento de precipitação na forma de eventos extremos durante o ano. A irregularidade da disponibilidade hídrica e a menor intensidade dos eventos associados proporcionam regularidade das chuvas máximas em 24 horas.



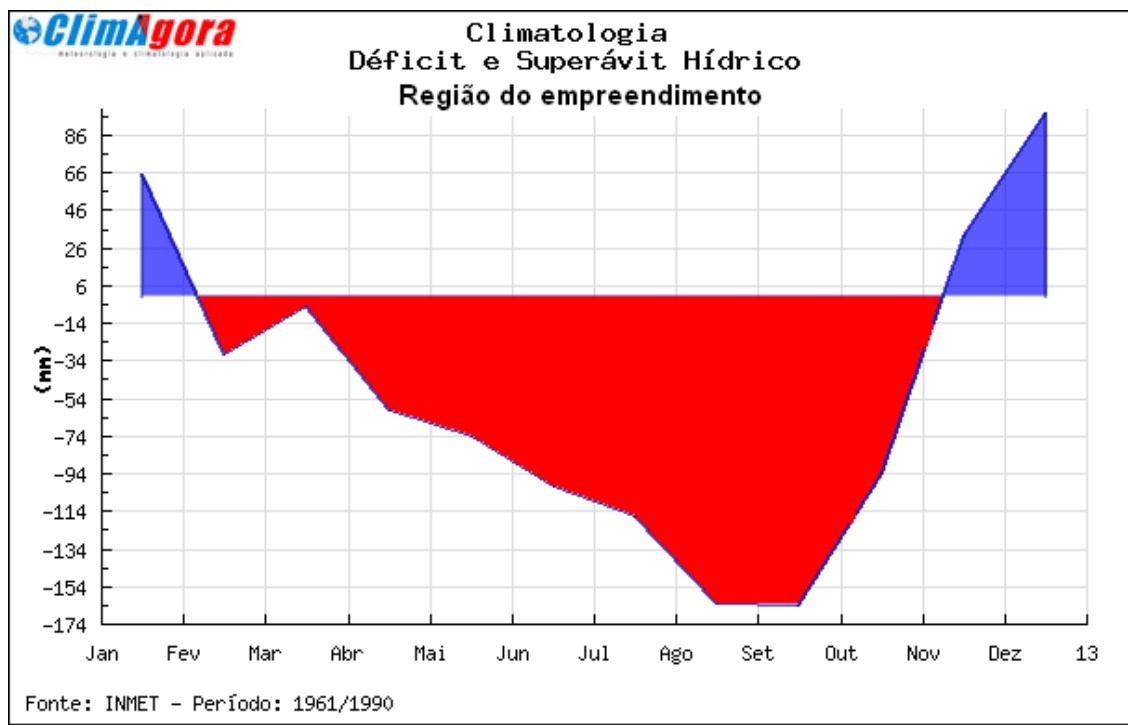
**FIGURA 4.6 - Comportamento climatológico da precipitação (mm) máxima em 24 horas**



Durante o mês de novembro até meados do mês de fevereiro, o sistema terra-atmosfera trabalha com balanço positivo, considerando a relação entre precipitação e evaporação ocorrida, que pode chegar até 87 mm em dezembro e 66 mm em janeiro. Devido à baixa significativa de precipitação, no período de abril a novembro, com índices de evaporação bem acima dos registrados na faixa centro sul do Estado, o sistema trabalha com déficit hídrico na maior parte do ano. Apenas no período de transição da primavera para o verão é que o sistema começa a superar as perdas e trabalha com superávits em virtude do coeficiente citado (Figura 4.7).

Pode-se constatar que, na região de estudo, há um período de deficiência hídrica longo, durando cerca de oito meses sucessivos. Devido à grande variabilidade interanual da pluviosidade sugere-se que o uso dos recursos hídricos seja feito de maneira criteriosa, principalmente das águas superficiais, prevendo-se a flutuabilidade no ritmo das precipitações. (Figura 4.7).

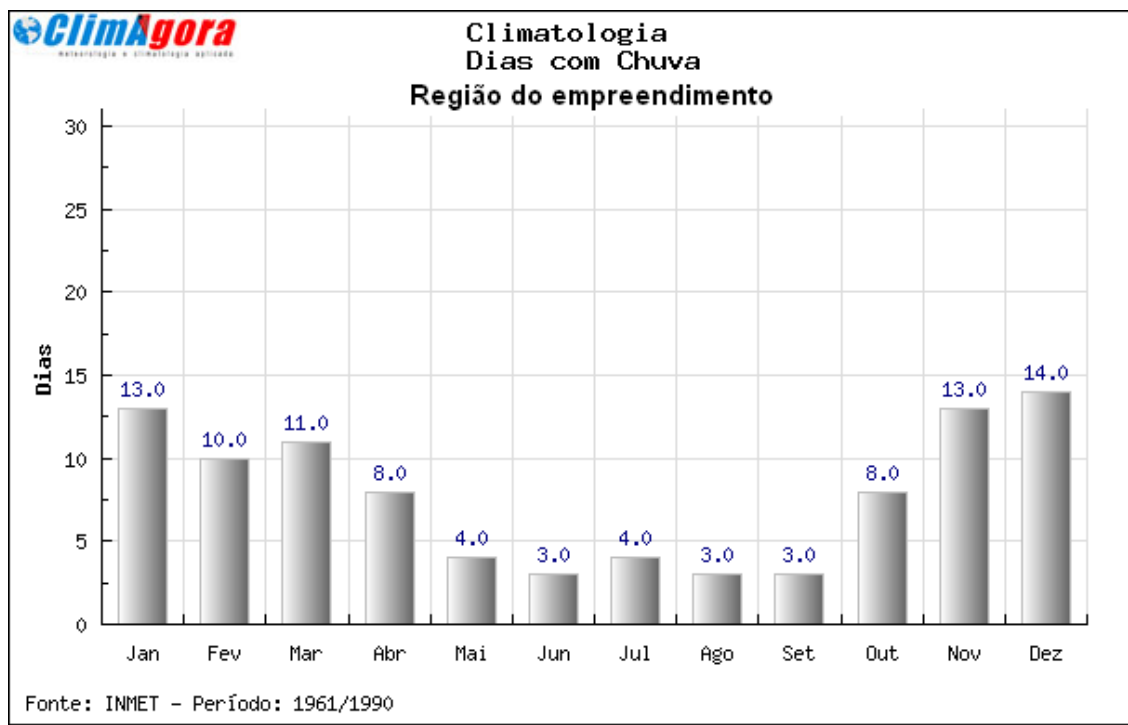
**FIGURA 4.7 - Comportamento climatológico - coeficiente precipitação / evaporação**



Os meses com maior número de dias de chuva estendem-se de novembro a março. Os meses de abril e setembro são meses de transição entre os regimes de chuva. A dinâmica da atmosfera e a variabilidade climática favorecem para a extensão ou retração desses períodos, quando comparados ano a ano.

O trimestre de novembro, dezembro e janeiro apresentam destaque em relação ao número de dias de chuvas, somando 40 dias segundo a climatologia local. Por outro lado, entre os meses de abril a setembro, devido à baixa atividade convectiva, os dias de chuvas não ultrapassam 25 dias, somados os seis meses (Figura 4.8). Salienta-se que nesta época a atenção com atividades de potencial poluidor deve ser redobrada, em especial a dispersão de material particulado.

**FIGURA 4.8 - Comportamento climatológico do número de dias de chuvas mensais**

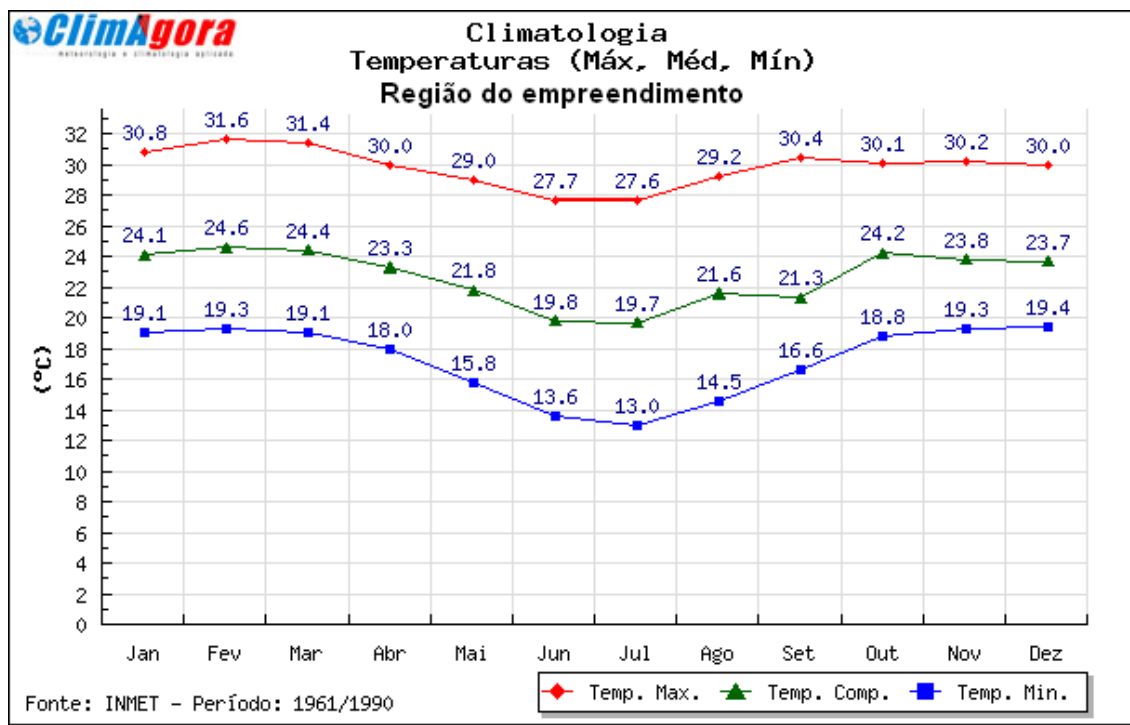


### 4.3.2 - Análise de Temperatura

Conforme a climatologia local apresentada na figura 4.9, a média mensal (TMED) da temperatura do ar é 22,7°C. Os maiores valores médios anuais são registrados no trimestre de janeiro-fevereiro-março, com valores de 24,1, 24,6 e 24,4°C respectivamente. Os menores valores médios são registrados nos meses de junho e julho, com valores de 19,8 e 19,7°C respectivamente. Nota-se que o verão e o inverno são caracterizados termicamente ao longo do ano.

A variabilidade anual da temperatura local pode ser considerada relativamente baixa, conforme atestam os valores de amplitude térmica, que variam de 4,9°C (TMED), 4,6°C (TMAX) e 6,4°C (TMIN). Esse comportamento reflete a tropicalidade do clima local.

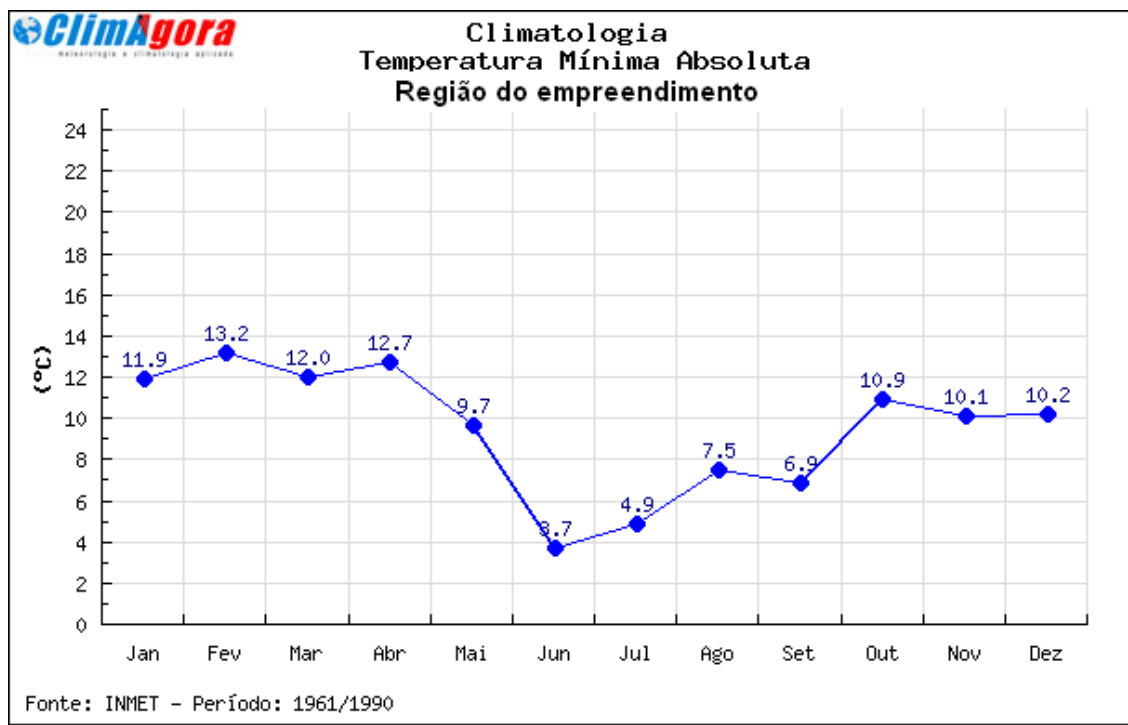
**FIGURA 4.9 - Comportamento climatológico das temperaturas médias máximas e mínimas**



As maiores médias das máximas ao longo do ano (T<sub>MAX</sub>) são registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março, com temperaturas de 30,8°C, 31,6°C e 31,4°C, respectivamente. Tais características estão relacionadas à maior quantidade de energia solar disponível no sistema terra-atmosfera, resultante da modificação do eixo de inclinação da terra no hemisfério sul nesse período, onde os raios solares ficam mais paralelos entre si, diminuindo o ângulo de incidência sobre a superfície terrestre e, conseqüentemente, aumentando a quantidade de energia disponível.

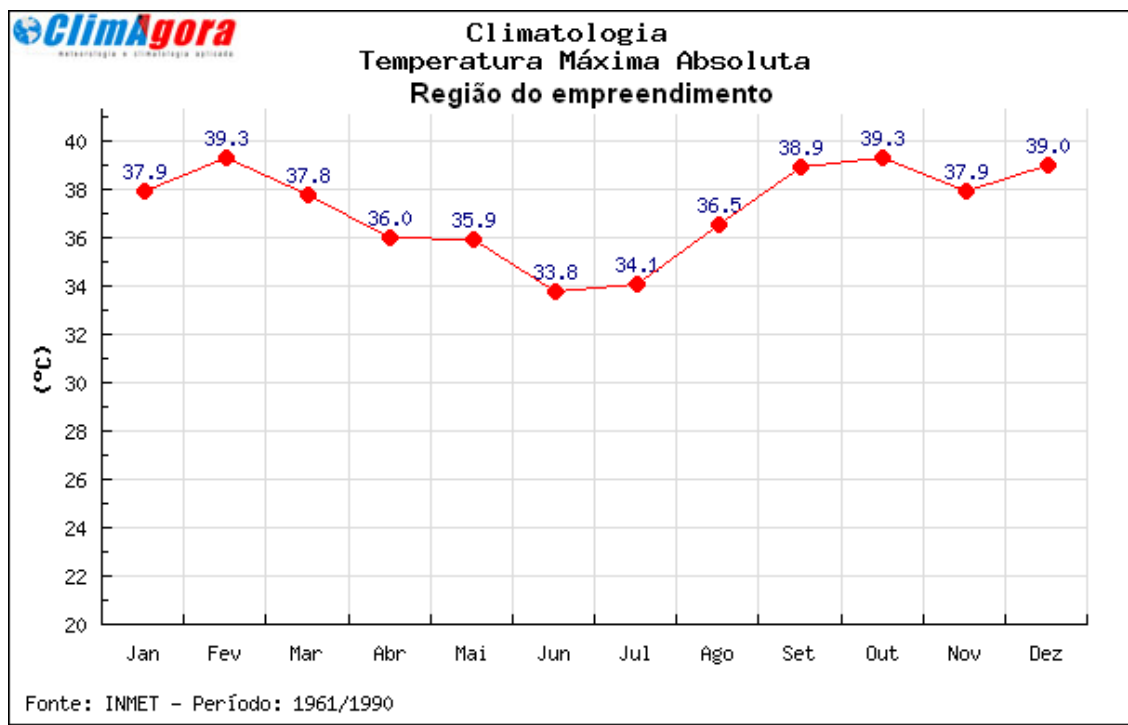
As menores médias das mínimas ao longo do ano (T<sub>MIN</sub>) são registradas no período de inverno, nos meses junho, julho e agosto, com temperaturas de 13,6°C, 13°C e 14,5°C, respectivamente. Nos mesmos meses também são registrados as menores temperaturas absolutas (Figura 4.10).

**FIGURA 4.10 - Comportamento climatológico das temperaturas mínimas absolutas**



As temperaturas máximas absolutas ocorrem geralmente nos meses de setembro a março, com registros superiores a 39,0°C. Essas temperaturas acontecem principalmente na transição da primavera para o verão, período em que a umidade do ar ainda está relativamente baixa e os índices de nebulosidade não são expressivos. A climatologia local demonstra registros de altas temperaturas em todas as épocas do ano, se comparadas à faixa central do Estado (Figura 4.11).

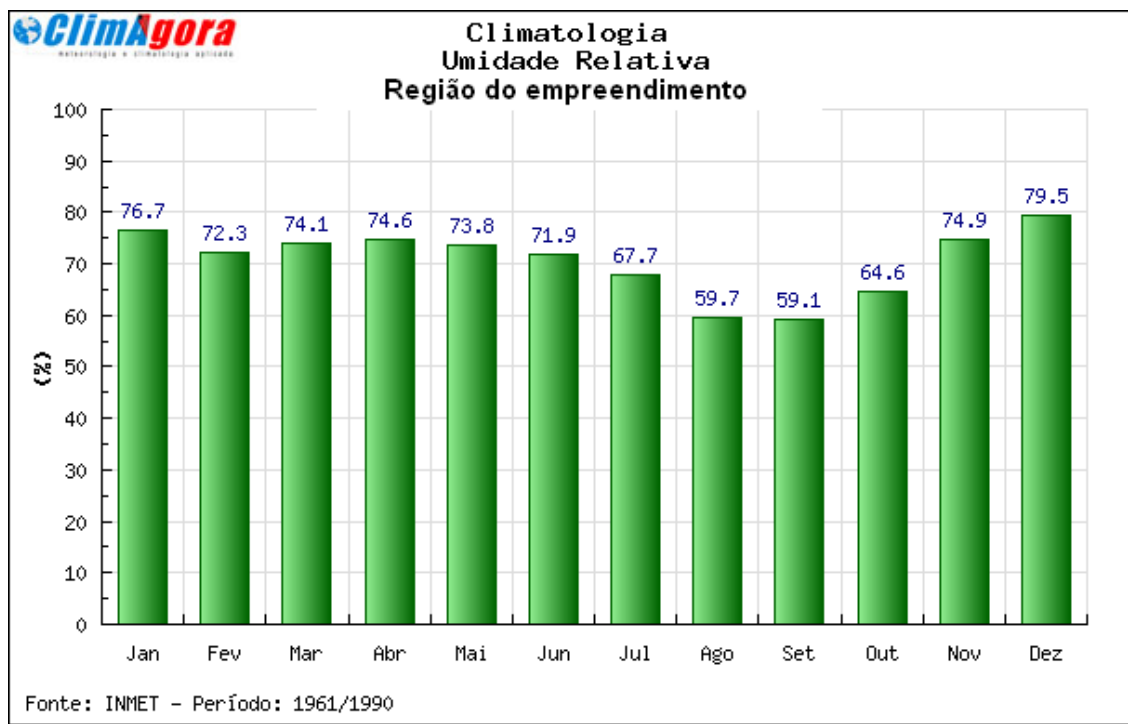
**FIGURA 4.11 - Comportamento climatológico das temperaturas máximas absolutas**



### 4.3.3 - Caracterização da umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar média na região apresenta seus menores índices nos meses de julho a outubro. No restante do ano a variação se mantém entre 71% a 79%. Salienta-se que os valores de umidade relativa são relativamente baixos durante todo o período do ano, exceto quando da atuação de eventos como ZCAS. A umidade relativa mais baixa em relação à faixa centro sul do estado se deve à atuação mais evidente da área de alta pressão do Atlântico Sul, que bloqueia grande parte dos eventos que trazem umidade do sul do país (Figura 4.12).

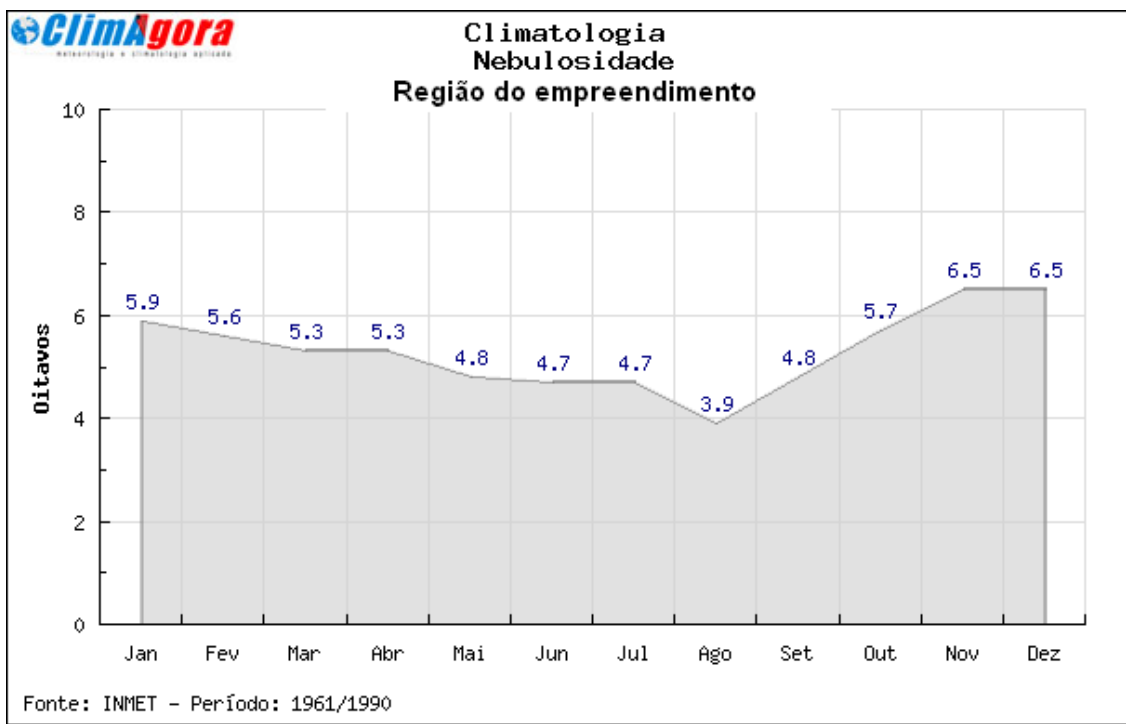
**FIGURA 4.12 - Comportamento climatológico da Umidade Relativa do Ar Média**



#### 4.3.4 - Caracterização da nebulosidade média

Devido à localização geográfica, a região em questão sofre intensa atuação do anticiclone do Atlântico Sul, reduzindo significativamente os índices dessa variável. Com a atuação do anticiclone, a região se torna área de subsidência de ventos de leste/nordeste/sudeste e inibe a formação de nuvens de grande desenvolvimento vertical. Como consequência, os invernos na área possuem grande quantidade de horas de brilho solar e baixa nebulosidade (Figura 4.13).

**FIGURA 4.13 - Comportamento climatológico da nebulosidade**

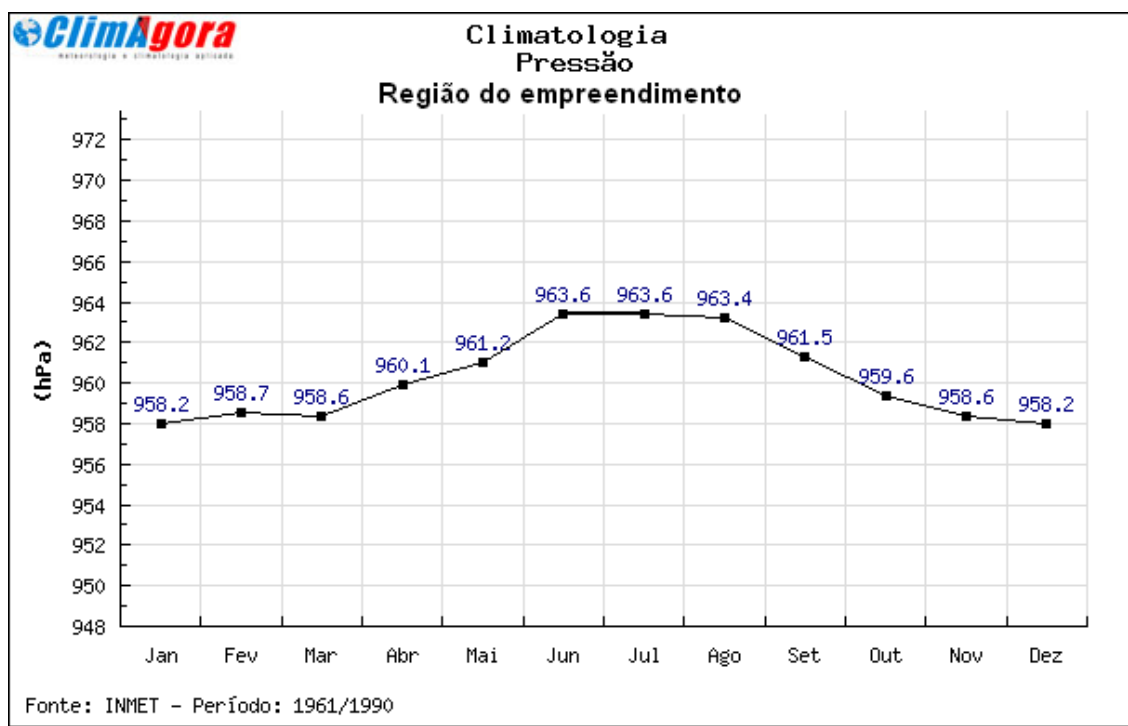


#### **4.3.5 - Caracterização da pressão atmosférica**

A pressão atmosférica na região está condicionada à atuação e intensificação dos anticiclones (alta pressão) e dos sistemas de baixa pressão. Nota-se que a pressão atmosférica na região aumenta gradativamente à medida que o ASAS desloca-se em seu trajeto oscilatório para dentro do continente, estando em seu ponto máximo sobre a região sudeste e no norte mineiro nos meses de junho, julho e agosto (Figura 4.14). Existe uma estreita relação entre os índices de pressão e a ocorrência de chuvas e nebulosidade, sendo os mesmos inversamente proporcionais.



**FIGURA 4.14 - Comportamento climatológico da pressão atmosférica**



#### 4.3.6 - Caracterização dos índices de evaporação

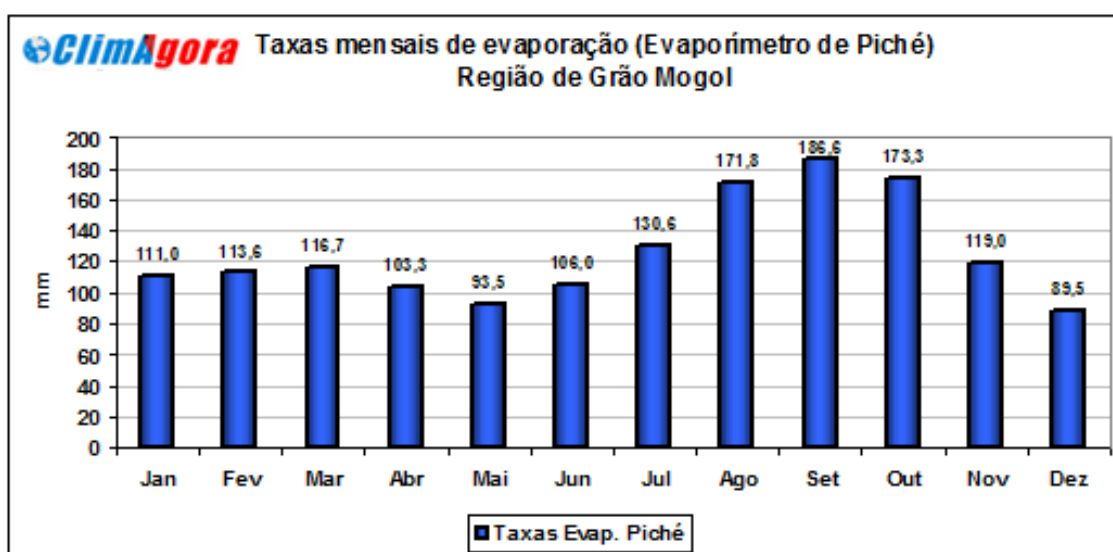
A evaporação é entendida como a taxa de transferência de água, em forma de vapor, da superfície terrestre para a atmosfera. A determinação da evaporação é de grande importância para as atividades agrícolas, planejamento e funcionamento de barragens, sistemas de irrigação e de todas as atividades que exigem informações dessa forma de transferência de água de superfícies naturais.

Na região em estudo, devido às condições climáticas, a evaporação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para o gerenciamento dos recursos hídricos, visto que o total anual evaporado representa uma parcela considerável, quando comparada ao volume útil reservado. Sendo assim, a operação de reservatórios e mananciais de água deve ser efetuada com base em dados confiáveis de evaporação, bem como nos valores históricos de chuva.

Um método bastante utilizado e confiável para se aferir a evaporação típica de uma determinada área é a utilização do evaporímetro de Piché. Esse instrumento deve ser instalado no interior do abrigo meteorológico, onde a evaporação é consequência do déficit de saturação do ar e, em menor escala, da velocidade do vento. A evaporação diária estimada pelo evaporímetro de Piché é obtida fazendo-se a diferença entre duas leituras consecutivas, o que representa a evaporação de uma superfície porosa e úmida, à sombra e quase totalmente livre da influência do vento. Esse instrumento pode ser graduado em milímetros, centímetros ou centímetros cúbicos.

Conforme a climatologia oficial INMET, que utiliza em suas aferições e análises o instrumento de Piché, as taxas de evaporação na área de estudo são significativas principalmente durante os meses de julho, agosto, setembro e outubro, geralmente ultrapassando os 120 mm mensais. A situação é agravada devido à escassez de chuva já estar sendo acumulada desde o início do período seco em maio. Os baixos índices de nebulosidade e de atividade convectiva entre os meses de julho a outubro contribuem para os elevados valores de evaporação, refletindo diretamente na relação de recarga do lençol freático. (Figura 4.15).

**FIGURA 4.15 - Comportamento climatológico da evaporação**



Fonte: Climatologia oficial INMET Salinas 1961 / 1990

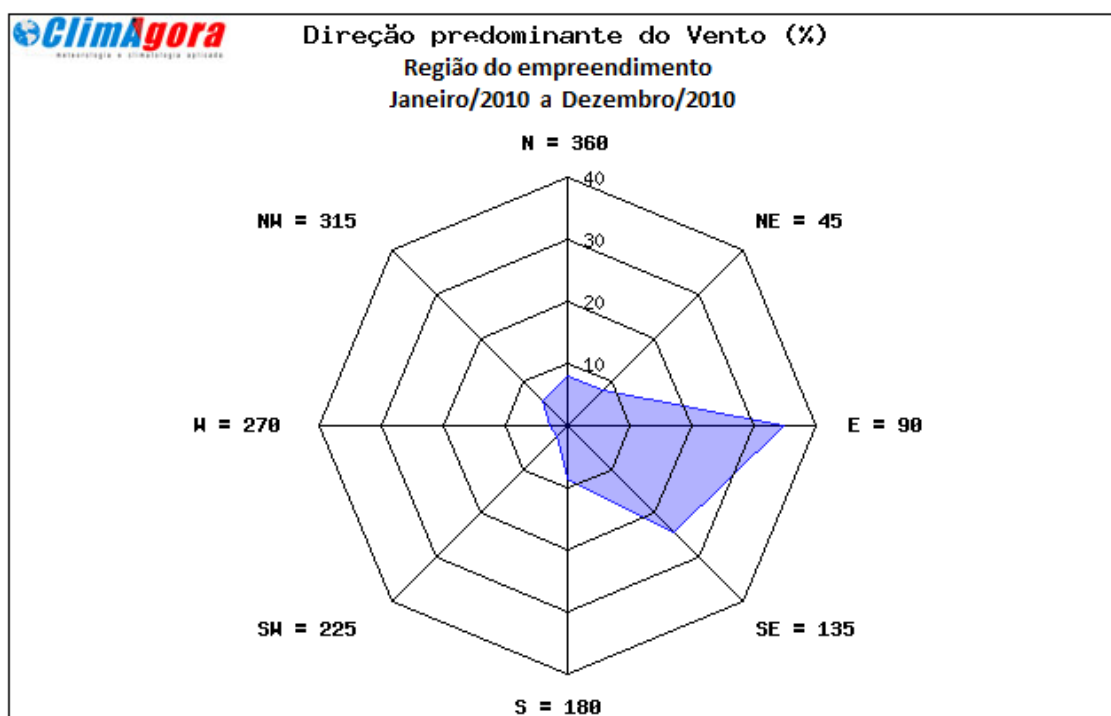
#### **4.3.7 - Caracterização das direções predominantes e velocidades médias dos ventos**

Segundo a climatologia oficial, a região do empreendimento apresenta direção predominante de sudeste, com variações de leste e nordeste. Ayoade (1998) cita que as baixas latitudes são dominadas por ventos predominantes de leste, sudeste e nordeste, originários do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Sua forte influência é sentida durante todo o ano, impondo à região as características de sua área de origem.

Com o objetivo de demonstrar a direção predominante do vento de sudeste, realizou-se um estudo e tratamento de informações aferidas na estação automática INMET de Salinas no ano de 2010. Salienta-se que, devido às características geográficas e distâncias das áreas em questão, as informações podem ser aplicadas, sendo metodologicamente corretas segundo a OMM (Organização Meteorológica Mundial).

Os dados da direção dos ventos foram separados de forma horária, com a respectiva direção do vento naquela hora de medição para posterior consolidação da média predominante anual. Conforme a figura 4.16, confirma-se a predominância de sudeste, com variações significativas também de nordeste e leste.

**FIGURA 4.16 - Direção Predominante dos ventos (média anual 2010)**



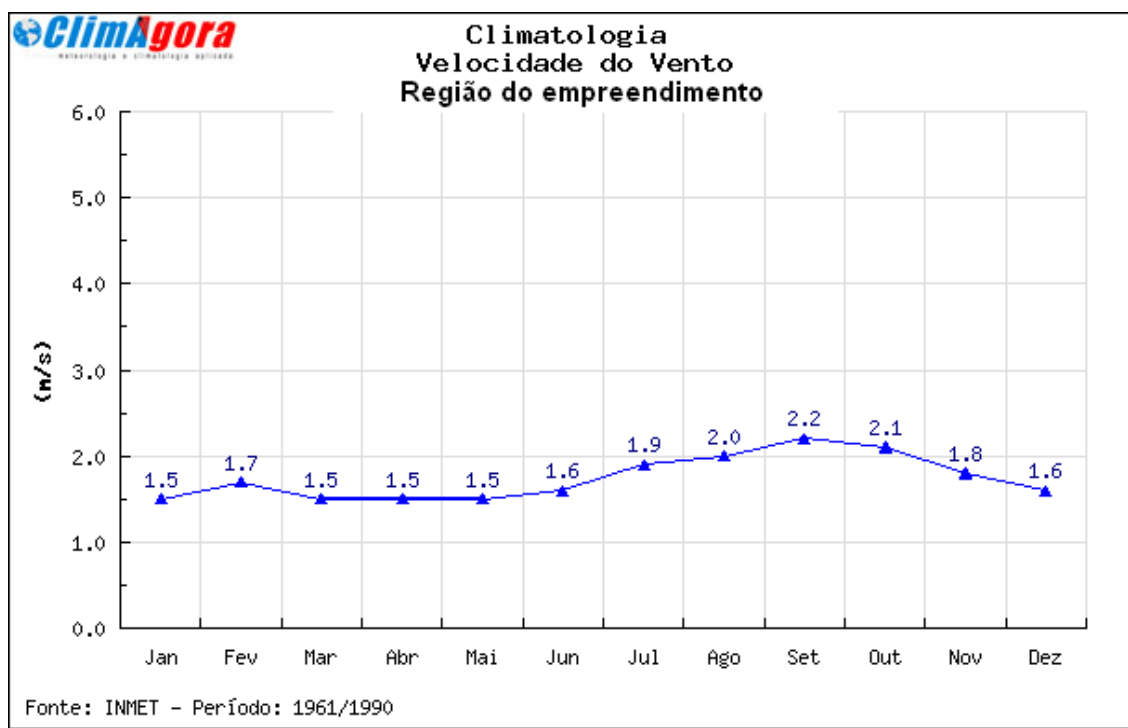
Fonte: Estação automática INMET Salinas 2010 (MG)

Salienta-se que, segundo padrões mundiais de estudos climáticos e meteorológicos, sempre se considera a direção predominante do vento baseado em sua origem. Em quase todos os meses do ano de 2010 ocorreu predominância de sudeste, com significativas variações de leste e nordeste. As variações de sudoeste geralmente são explicadas quando se verifica eventos meteorológicos de ZCAS.

Recomenda-se observar essa importante informação climática e meteorológica em relação às operações do empreendimento, principalmente no fator dispersão de material particulado, levando em conta a possibilidade de variações sazonais significativas durante o ano.

Em relação à velocidade dos ventos, a climatologia oficial para a região demonstra uma variação anual entre 1,5 m/s e 2,2 m/s, sendo os meses de agosto a outubro os que apresentam maior índice dessa variável. Observa-se um padrão em relação à variação anual dos ventos, no entanto, pode-se detectar uma ligeira alteração entre o primeiro e segundo semestre. Na figura 4.17 pode ser observada a climatologia da velocidade média dos ventos para a região de interesse.

**FIGURA 4.17 - Comportamento climatológico da velocidade média dos ventos**



#### 4.4 - Conclusão

Conclui-se que os comportamentos de todos os parâmetros meteorológicos da área de interesse diferem de forma significativa do registrado no setor centro sul de Minas Gerais, incluindo a Região Metropolitana de Belo Horizonte. O clima tropical típico continua com duas estações bem marcadas (chuvosa e seca). No entanto, a disponibilidade hídrica e a frequência das precipitações sofre evidente decréscimo. Características de microclimas locais devem ser consideradas, como a maior variabilidade na direção dos ventos e déficit hídrico na maior parte do ano.

Empreendimentos como os minerários apresentam impactos relativos: as alterações das condições termais de forma pontual (microclima), contribuição para aumento da emissão de material particulado na atmosfera e mudança no albedo da superfície local, entre outros.

Os processos de supressão da cobertura vegetal, impermeabilização do solo, pavimentação e edificação são capazes de criar pequenas ilhas de calor, sendo tão importantes quanto maior o grau de transformação da superfície natural. Essa mudança do albedo, que constitui a substituição de uma superfície viva capaz de absorver a energia solar por uma superfície inerte e refletora da energia pode acarretar no aumento da temperatura na área da mineração.

Conforme orientação de meso-escala, o escoamento atmosférico preferencial se dá nas direções sudeste/leste (origem). Para tanto, deve-se ter um cuidado maior na manutenção diária de aspersão d'água nos pátios, nas vias de acesso sem pavimentação e nas áreas de extração mineral, especialmente no período de estiagem, que começa geralmente em abril e só dá sinais de término em meados do mês de outubro. Preocupação constante também deve ser o consumo excessivo de água no período mais seco.

## 5 - QUALIDADE DO AR

Este item apresenta uma avaliação dos resultados das medições da qualidade do ar realizadas em pontos localizados nas proximidades da área de implantação do complexo minerário e adutora, no período de 04 a 08 de fevereiro de 2011, para efeito de diagnóstico ambiental.

Visando a avaliação da qualidade do ar na região foi efetuado o monitoramento de dois pontos, para os parâmetros Partículas Inaláveis - PI, Dióxido de Enxofre - SO<sub>2</sub> e Dióxido de Nitrogênio - NO<sub>2</sub>. Entende-se que esses parâmetros sejam suficientes para a caracterização da qualidade do ar na região.

Deve ser observado que, em termos de partículas em suspensão, foram avaliadas as partículas inaláveis, em detrimento às partículas totais em suspensão, pelo fato destas representarem as partículas com maior periculosidade, uma vez que podem ser inaladas pelo ser humano.

Considerando-se os demais parâmetros e padrões previstos na Resolução CONAMA 03/1990 e Deliberação Normativa COPAM 01/1981 (legislação estadual do Estado de Minas Gerais), como o monóxido de carbono (CO), ozônio e fumaça, estes não foram considerados significativos para a determinação da qualidade do ar da região, em virtude de se considerar que a tipologia das futuras atividades a serem executadas pelo empreendimento não acarretarão em quaisquer emissões significativas desses compostos, não estando prevista, portanto, a alteração da qualidade do ar para esses parâmetros.

Em termos de monitoramento, deve ser ainda observado que as emissões de descarga dos caminhões poderão ser monitoradas futuramente e diretamente do escapamento dos veículos, através de escala Ringelmann.

As amostragens *in loco*, que perfazem a operação dos equipamentos, recuperação e análise das amostras, e a análise dos resultados foram executados por técnicos do laboratório LIMNOS SANEAR - Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda. O relatório completo de Monitoramento da Qualidade do Ar, incluindo a metodologia adotada, resultados obtidos e análises dos mesmos encontram-se apresentado no Anexo 03 (Relatório de Monitoramento da Qualidade do Ar - Complexo Minerário) deste documento. As principais considerações e um resumo dos resultados obtidos são apresentados a seguir.

## 5.1 - Metodologia

### 5.1.1 - Identificação dos pontos de monitoramento



Para a determinação dos pontos de monitoramento da qualidade do ar, considerou-se a direção dos ventos predominantes na região e a presença de comunidades no entorno da área do empreendimento. Além desses fatores, os pontos também foram determinados pela proximidade de fontes de energia elétrica, proteção contra vandalismo ou acesso de animais que pudessem danificar os equipamentos, facilidade de acesso e topografia do terreno, evitando a interferência de árvores e outros obstáculos à livre circulação dos ventos.

Em função destas informações foram determinados dois pontos de amostragem, QAR01 e QAR02, situados, respectivamente, no Vale das Cancelas e na futura área industrial. A identificação desses pontos é apresentada nos quadros 5.1 e 5.2, enquanto a figura 5.1 apresenta a localização dos mesmos.

**QUADRO 5.1 - Áreas e pontos de monitoramento**

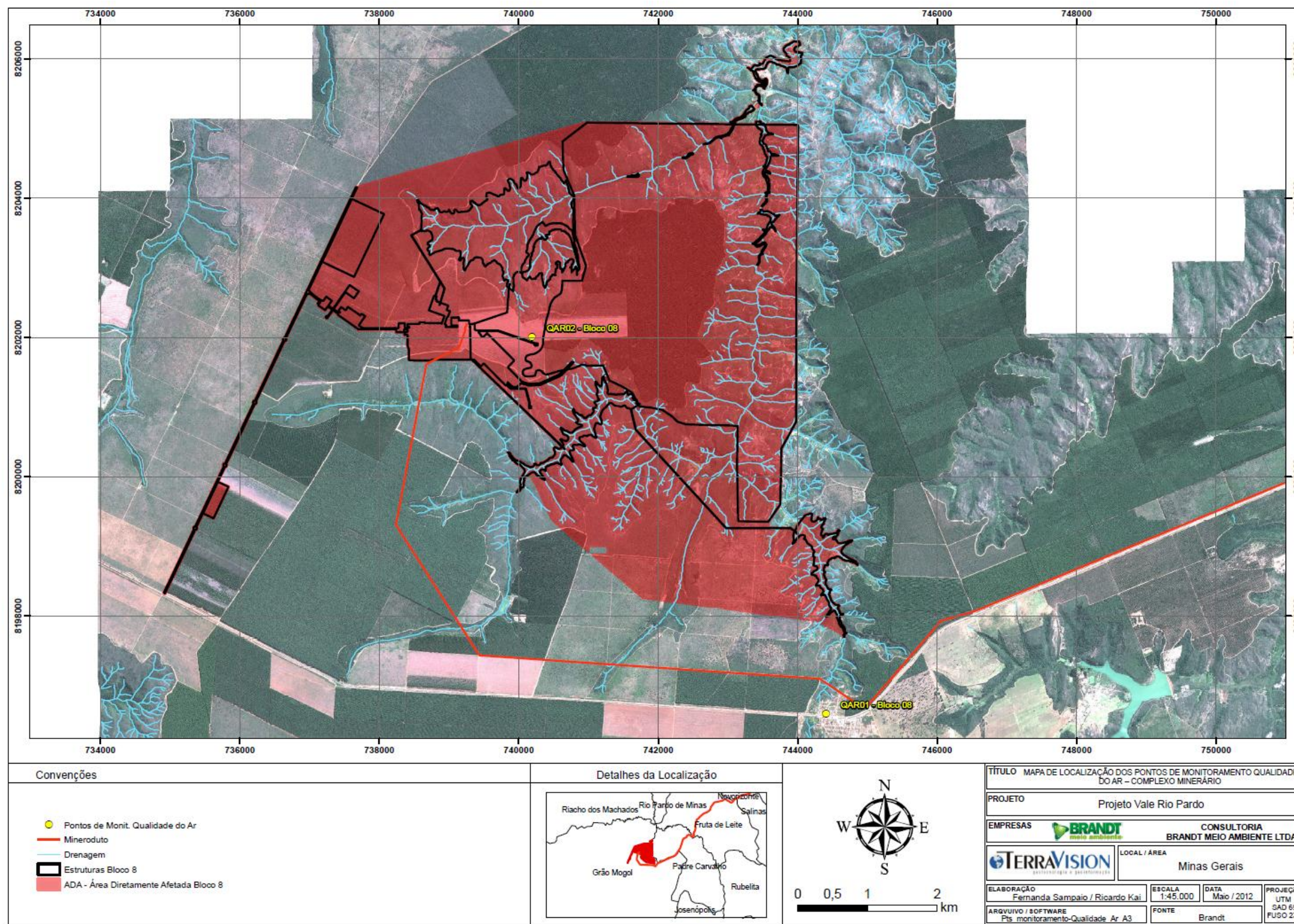
<b>N.º DO PONTO</b>	<b>DESCRIÇÃO DOS PONTOS</b>
QAR01	Bloco 8 - Vale das Cancelas.
QAR02	Bloco 8 - Área Industrial, próximo à saída do mineroduto.

### QUADRO 5.2 - Pontos de monitoramento, coordenadas geográficas e registro fotográfico

PONTOS DE MEDIÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS - UTM	REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>Ponto QAR01 - Vale das Cancelas</p>	<p>23K                      0744414 E/                      8196575 N</p>	
<p>Ponto QAR02 - Área Industrial</p>	<p>23K                      0740196 E/                      8201986 N</p>	



**FIGURA 5.1 - Mapa de Localização dos Pontos de Monitoramento da Qualidade do Ar - Complexo Minerário**





### 5.1.2 - Parâmetros analisados e periodicidade de monitoramento

O monitoramento da qualidade do ar abrangeu os seguintes parâmetros:

- PI - Partículas Inaláveis (PM 10);
- SO<sub>2</sub> - Dióxido de Enxofre (TRI-GÁS); e
- NO<sub>2</sub> - Dióxido de Nitrogênio (TRI-GÁS).

O monitoramento foi realizado entre os dias 04 e 08 de fevereiro de 2011.

### 5.1.3 - Referenciais normativos

Para a avaliação da concentração de Partículas Inaláveis (PI), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>) e Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>) foram levadas em consideração as metodologias definidas nas seguintes normas:

- ABNT NBR 13412 - Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método do Amostrador de Grande Volume Acoplado a um Separador Inercial de Partículas;
- MÉTODO US EPA - “*Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere*”, contido no Federal Register 40 CFR 50, Appendix J.
- ABNT NBR 9.546 - Dióxido de Enxofre no ar ambiente - Determinação da concentração pelo método da Pararosanilina;
- MÉTODO US EPA - Nº 1277-026 - Dióxido de Nitrogênio na atmosfera - Determinação da concentração pelo método do Arsenito de Sódio.

Para coleta de partículas inaláveis foi utilizado o Amostrador de Grandes Volumes para Partículas de até 10µm - AGV-PI - “PM10”.

Os amostradores foram validados/verificados em campo, utilizando-se o calibrador padrão de vazão - CPV. O CPV foi calibrado pela ENERGÉTICA, conforme descrito no Certificado de Calibração.

Para as coletas de Dióxido de Enxofre e Dióxido de Nitrogênio foi utilizado o Amostrador de Pequenos Volumes - APV - “TRI-GÁS”.

Os orifícios críticos utilizados nas amostragens foram calibrados utilizando-se o calibrador padrão (bolhômetro).

#### **5.1.4 - Índice de qualidade do ar**

O Índice de Qualidade do Ar (IQA) foi concebido com base no “*Pollutant Standards Index (PSI)*”, cujo desenvolvimento se baseou numa experiência acumulada de vários anos nos Estados Unidos e Canadá. Esse índice foi desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - EPA, a fim de padronizar a divulgação da qualidade do ar pelos meios de comunicação.

O índice é obtido através de uma função linear que relaciona a concentração do poluente com um número adimensional (IQA). Para cada poluente medido é calculado um índice. Para efeito de divulgação é utilizado o índice mais elevado, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso.

O quadro a seguir apresenta de maneira resumida e esquemática as escalas de qualificação do ar conforme o cálculo do índice. O relatório completo apresentado no Anexo 03 (Relatório de Monitoramento da Qualidade do Ar), elaborado pela Limnos Sanear, apresenta a metodologia para determinação dos valores de IQA.

**QUADRO 5.3 - Estrutura de avaliação do Índice da Qualidade do Ar - IQA**

Qualidade	Índice	PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Significado	Resolução CONAMA 03/90
Boa	0-50	0-80	0-50	0-80	0-100	Praticamente não há riscos à saúde.	ATENDE AO PADRÃO
Regular	51-100	81-240	51-150	81-365	101-320	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.	ATENDE AO PADRÃO
Inadequada	101-199	241-375	151-250	366-800	321-1130	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.	NÃO ATENDE AO PADRÃO
Má	200-299	376-625	251-420	801-1600	1131-2260	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).	NÃO ATENDE AO PADRÃO
Péssima	$\geq 300$	$\geq 626$	$\geq 421$	$\geq 1601$	$\geq 2261$	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.	NÃO ATENDE AO PADRÃO

### 5.1.5 - Legislação ambiental

Em nível federal referencia-se a Resolução CONAMA nº 03 de 1990 que, além de definir padrões primários, define também padrões secundários de qualidade do ar. Adicionalmente, no Estado de Minas Gerais, os padrões primários de qualidade do ar são fixados pela Legislação Estadual de Meio Ambiente, através da Deliberação Normativa COPAM 01/1981. Observa-se que todos os padrões contemplados nesta legislação estadual já são contemplados pela legislação federal, sendo esta última mais atual.

Desta forma, ressalta-se que, para efeito de avaliação de resultados e gráficos, julga-se suficiente a comparação dos valores obtidos com a Resolução CONAMA 03/1990.

O relatório completo de Monitoramento da Qualidade do Ar (Anexo 03) apresenta um detalhamento desses valores de referência.

## 5.2 - Resultados obtidos para a qualidade do ar

### 5.2.1 - Partículas Inaláveis - PI

Os quadros 5.4 e 5.5 a seguir apresentam os resultados referentes à concentração de Partículas Inaláveis.

**QUADRO 5.4 - Resultados das medições de PI - PM10 - QAR 01 - Bloco 8 - Vale das Cancelas**

INÍCIO DA COLETA	TÉRMINO DA COLETA	CONCENTRAÇÃO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	IQA	QUALIDADE DO AR	COR DE REFERÊNCIA
04/02/2011	05/02/2011	24,57	25	Boa	
05/02/2011	06/02/2011	19,72	20	Boa	
06/02/2011	07/02/2011	31,14	31	Boa	
07/02/2011	08/02/2011	31,32	31	Boa	
08/02/2011	09/02/2011	13,97	14	Boa	

*Média aritmética -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  24,14*

**QUADRO 5.5 - Resultados das medições de PI - PM10 - QAR 02 - Bloco 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto**

INÍCIO DA COLETA	TÉRMINO DA COLETA	CONCENTRAÇÃO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	IQA	QUALIDADE DO AR	COR DE REFERÊNCIA
04/02/2011	05/02/2011	10,75	11	Boa	
05/02/2011	06/02/2011	13,05	13	Boa	
06/02/2011	07/02/2011	6,72	7	Boa	
07/02/2011	08/02/2011	10,32	10	Boa	
08/02/2011	09/02/2011	9,64	10	Boa	

*Média aritmética -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  10,10*

### 5.2.2 - Dióxido de Enxofre - $\text{SO}_2$

Os quadros 5.6 e 5.7 a seguir apresentam os resultados referentes à concentração de  $\text{SO}_2$  - Dióxido de Enxofre.

### QUADRO 5.6 - Resultados das medições de SO<sub>2</sub> - TRI-GÁS - QAR 01 - Bloco 8 - Vale das Cancelas

INÍCIO DA COLETA	TÉRMINO DA COLETA	CONCENTRAÇÃO (µg/m <sup>3</sup> )	IQA	QUALIDADE DO AR	COR DE REFERÊNCIA
04/02/2011	05/02/2011	N.D.	0	Boa	
05/02/2011	06/02/2011	N.D.	0	Boa	
06/02/2011	07/02/2011	N.D.	0	Boa	
07/02/2011	08/02/2011	N.D.	0	Boa	
08/02/2011	09/02/2011	N.D.	0	Boa	

**Média aritmética - µg/m<sup>3</sup> N.D.**

N.D.: Não detectado. O valor alcançado na amostragem não foi detectado em laboratório, ou seja, o resultado apresentou-se abaixo do limite de detecção do método analítico empregado.

### QUADRO 5.7 - Resultados das medições de SO<sub>2</sub> - TRI-GÁS - QAR 02 - Bloco 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto

INÍCIO DA COLETA	TÉRMINO DA COLETA	CONCENTRAÇÃO (µg/m <sup>3</sup> )	IQA	QUALIDADE DO AR	COR DE REFERÊNCIA
04/02/2011	05/02/2011	N.D.	0	Boa	
05/02/2011	06/02/2011	N.D.	0	Boa	
06/02/2011	07/02/2011	N.D.	0	Boa	
07/02/2011	08/02/2011	N.D.	0	Boa	
08/02/2011	09/02/2011	N.D.	0	Boa	

**Média aritmética - µg/m<sup>3</sup> N.D.**

N.D.: Não detectado. O valor alcançado na amostragem, não foi detectado em laboratório, ou seja, o resultado apresentou-se abaixo do limite de detecção do método analítico empregado.

### 5.2.3 - Dióxido de Nitrogênio - NO<sub>2</sub>

Os quadros 5.8 e 5.9 a seguir apresentam os resultados referentes à concentração de NO<sub>2</sub> - Dióxido de Nitrogênio.

### QUADRO 5.8 - Resultados das medições de NO<sub>2</sub> - TRI-GÁS - QAR 01 - Bloco 8 - Vale das Cancelas

INÍCIO DA COLETA	TÉRMINO DA COLETA	CONCENTRAÇÃO (µg/m <sup>3</sup> )	IQA	QUALIDADE DO AR	COR DE REFERÊNCIA
04/02/2011	05/02/2011	0,071	0,036	Boa	
05/02/2011	06/02/2011	N.D.	0	Boa	
06/02/2011	07/02/2011	N.D.	0	Boa	
07/02/2011	08/02/2011	N.D.	0	Boa	
08/02/2011	09/02/2011	N.D.	0	Boa	

**Média aritmética - µg/m<sup>3</sup> 0,071**

N.D.: Não detectado. O valor alcançado na amostragem, não foi detectado em laboratório, ou seja, o resultado apresentou-se abaixo do limite de detecção do método analítico empregado.

### QUADRO 5.9 - Resultados das medições de NO<sub>2</sub> - TRI-GÁS - QAR 02 - Bloco 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto

INÍCIO DA COLETA	TÉRMINO DA COLETA	CONCENTRAÇÃO (µg/m <sup>3</sup> )	IQA	QUALIDADE DO AR	COR DE REFERÊNCIA
04/02/2011	05/02/2011	0,012	0,006	Boa	
05/02/2011	06/02/2011	0,028	0,014	Boa	
06/02/2011	07/02/2011	0,013	0,07	Boa	
07/02/2011	08/02/2011	0,030	0,015	Boa	
08/02/2011	09/02/2011	0,030	0,015	Boa	

**Média aritmética - µg/m<sup>3</sup> 0,023**

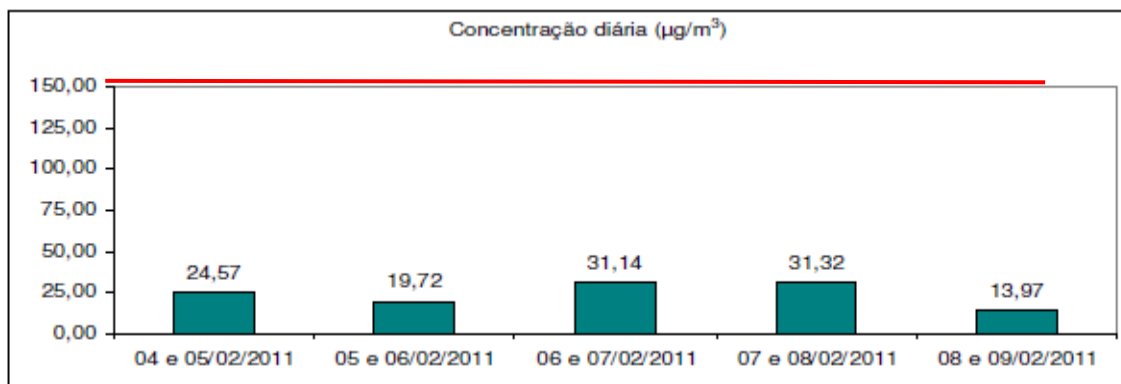
A análise dos quadros anteriores permite concluir que, de modo geral, a qualidade do ar nos pontos monitorados pode ser considerada BOA, assim enquadrando-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/1990 como atendendo ao padrão.

Em relação à concentração máxima diária de Partículas Inaláveis - PI para o período monitorado verifica-se que:

- O padrão diário de 150 µg/m<sup>3</sup> estabelecido pela legislação federal em vigor não foi ultrapassado nos pontos monitorados, conforme apresentado nas figuras 5.2 e 5.3 a seguir.

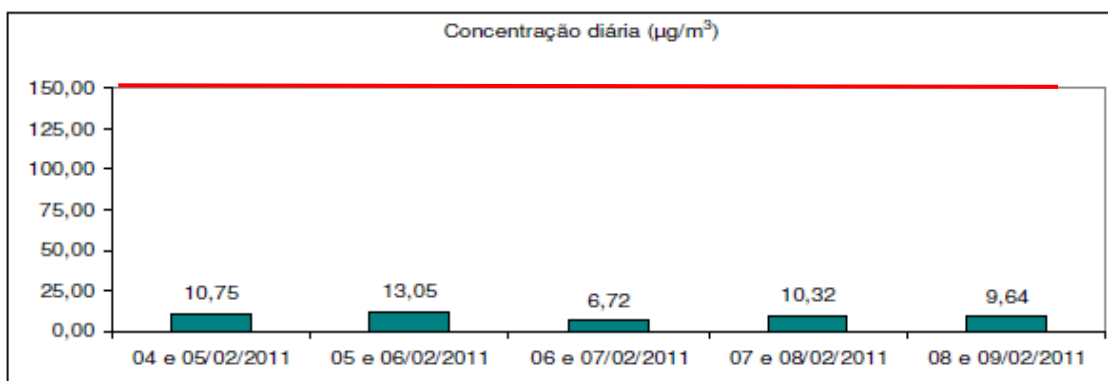


**FIGURA 5.2 - QAR 01 - BLOCO 8 - Vale das Cancelas - PI - Padrão diário**



Limite legislação federal

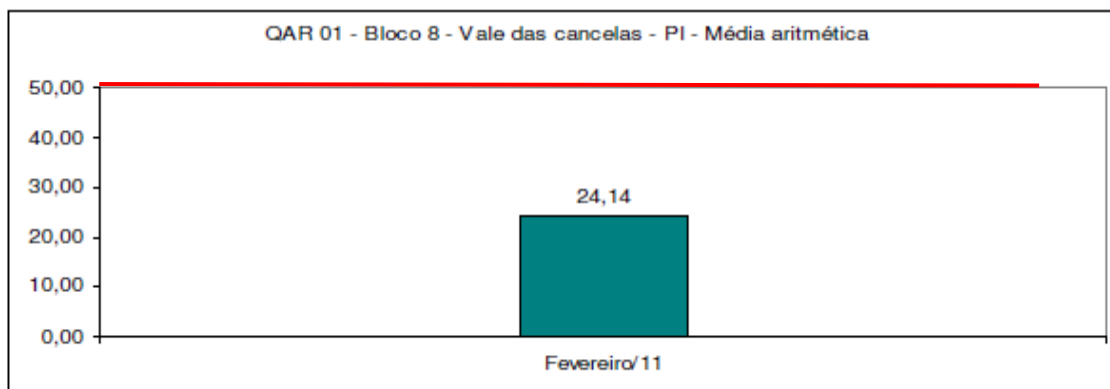
**FIGURA 5.3 - QAR 02 - BLOCO 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto - PI - Padrão diário**



Limite legislação federal

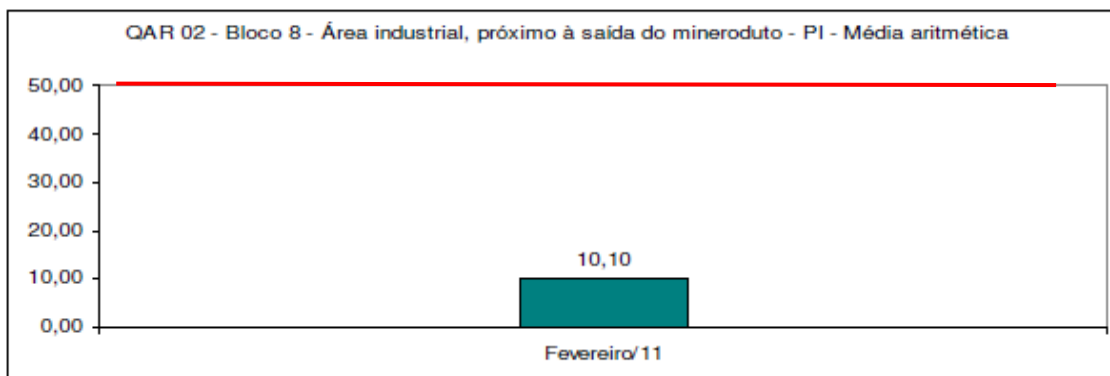
- Em relação ao padrão de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (média aritmética anual) estabelecido pela legislação federal vigente, este não foi ultrapassado em nenhum dos pontos amostrados, conforme as figuras 5.4 e 5.5, apresentadas a seguir.

**FIGURA 5.4 - QAR 01 - BLOCO 8 - Vale das Cancelas - PI - Média aritmética**



— Limite legislação federal

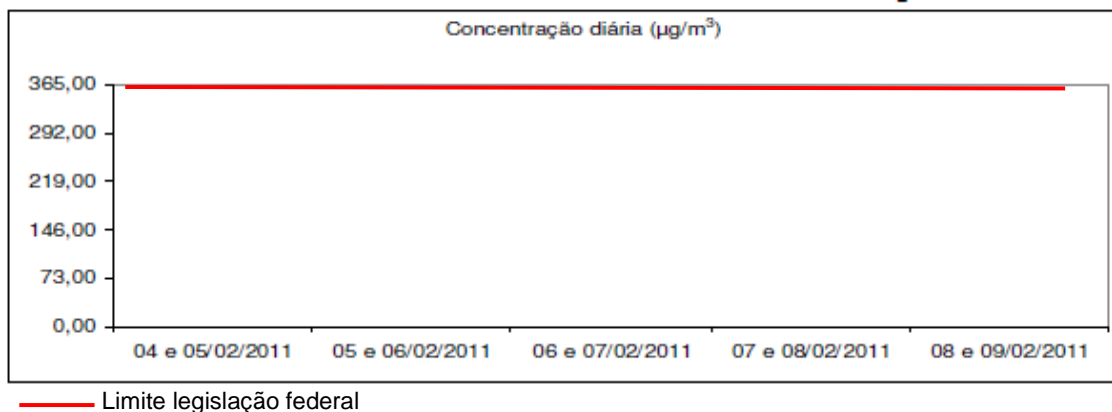
**FIGURA 5.5 - QAR 02 - BLOCO 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto - PI - Média aritmética**



— Limite legislação federal

- Em relação à concentração máxima diária de Dióxido de Enxofre - SO<sub>2</sub>, para o período monitorado verifica-se que o padrão diário de 365 µg/m<sup>3</sup> estabelecido pela legislação federal em vigor não foi ultrapassado nos pontos monitorados, conforme apresentado nas figuras 5.6 e 5.7.

**FIGURA 5.6 - QAR 01 - BLOCO 8 - Vale das Cancelas - SO<sub>2</sub> - Padrão diário**



(\*) Os valores alcançados nas amostragens não foram detectados em laboratório, ou seja, os resultados apresentaram-se abaixo do limite de detecção do método analítico empregado.

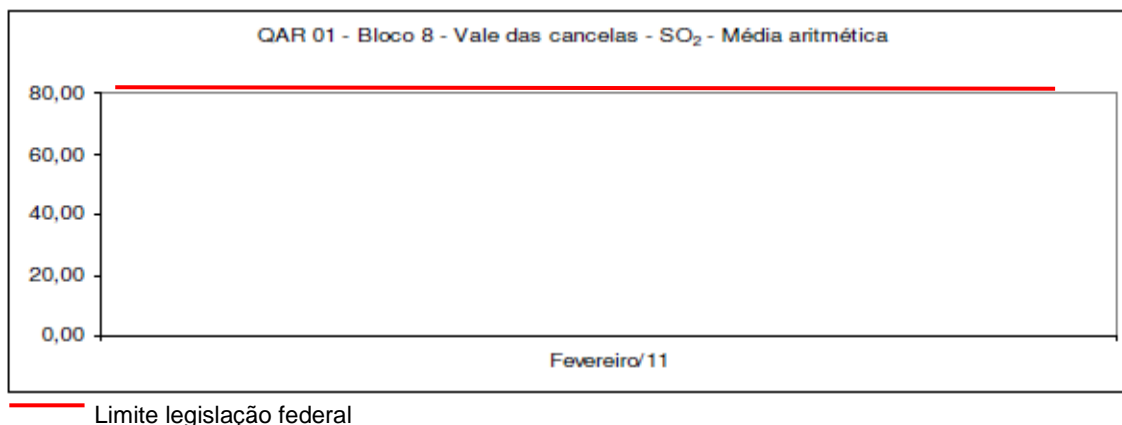
**FIGURA 5.7 - QAR 02 - BLOCO 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto - SO<sub>2</sub> - Padrão diário**



(\*) Os valores alcançados nas amostragens não foram detectados em laboratório, ou seja, os resultados apresentaram-se abaixo do limite de detecção do método analítico empregado.

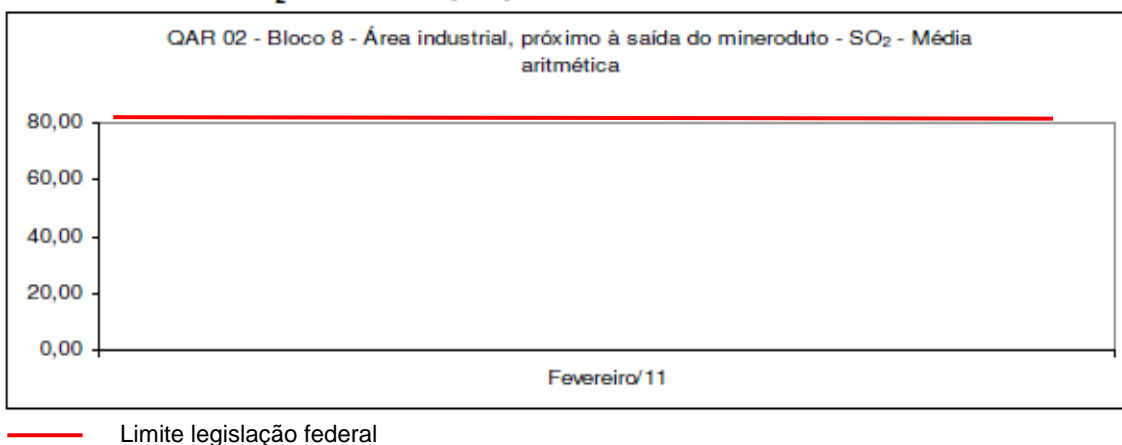
- Em relação ao padrão de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (média aritmética anual) estabelecido pela legislação federal vigente, não foi ultrapassado em nenhum dos pontos amostrados, conforme as figuras 5.8 e 5.9.

**FIGURA 5.8 - QAR 01 - BLOCO 8 - Vale das Cancelas - SO<sub>2</sub> - Média Aritmética**



(\*) Os valores alcançados nas amostragens não foram detectados em laboratório, ou seja, os resultados apresentaram-se abaixo do limite de detecção do método analítico empregado.

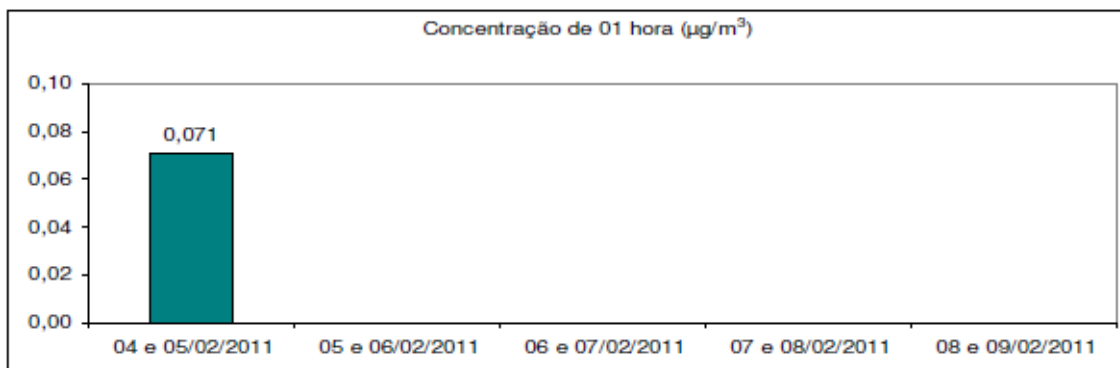
**FIGURA 5.9 - QAR 02 - BLOCO 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto - SO<sub>2</sub> - Média Aritmética**



(\*) Os valores alcançados nas amostragens não foram detectados em laboratório, ou seja, os resultados apresentaram-se abaixo do limite de detecção do método analítico empregado.

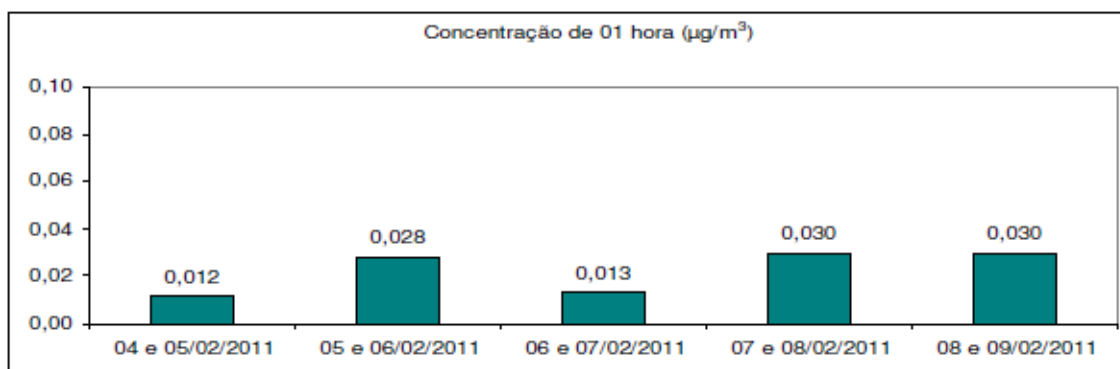
- Em relação à concentração máxima de uma hora de Dióxido de Nitrogênio - NO<sub>2</sub>, para o período monitorado verifica-se que o padrão de uma hora de 320 µg/m<sup>3</sup>, estabelecido pela legislação federal em vigor, não foi ultrapassado nos pontos monitorados, conforme apresentado nas figuras 5.10 e 5.11.

**FIGURA 5.10 - QAR 01 - BLOCO 8 - Vale das Cancelas - NO<sub>2</sub> - de 01 hora**



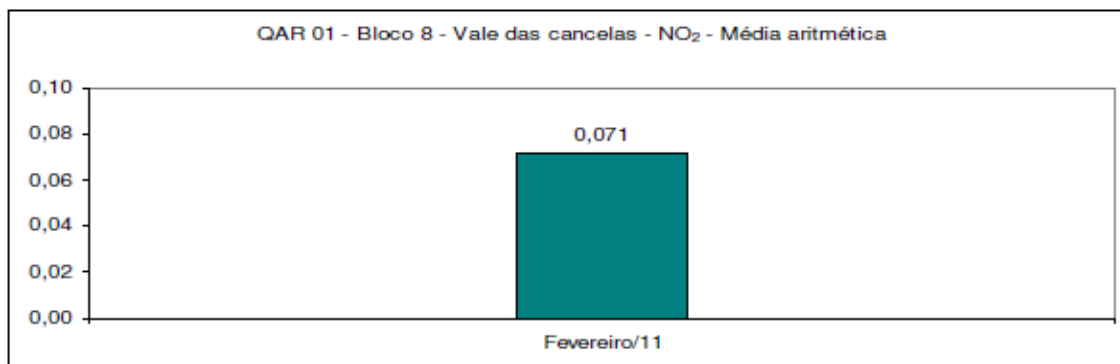
(\*) Os valores alcançados nas amostragens dos dias 05 e 06/02/2011, 06 e 07/02/2011, 07 e 08/02/2011 e 08 e 09/02/2011 não foram detectados em laboratório, ou seja, os resultados apresentaram-se abaixo do limite de detecção do método analítico empregado.

**FIGURA 5.11 - QAR 02 - BLOCO 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto - NO<sub>2</sub> - de 01 hora**

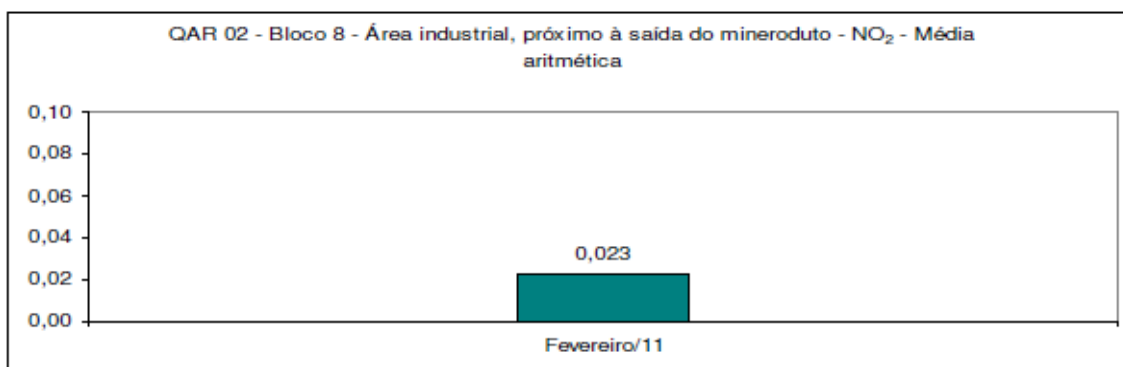


Em relação ao padrão de 100 µg/m<sup>3</sup> (média aritmética anual) estabelecido pela legislação federal vigente, esse não foi ultrapassado em nenhum dos pontos, conforme as Figuras 5.12 e 5.13.

**FIGURA 5.12 - QAR 01 - BLOCO 8 - Vale das Cancelas - NO<sub>2</sub> - Média Aritmética**



**FIGURA 5.13 - QAR 02 - BLOCO 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto - NO<sub>2</sub> - Média Aritmética**



### 5.3 - Conclusão

Conclui-se que os resultados encontrados referentes aos parâmetros medidos para a qualidade do ar nas regiões monitoradas apresentam-se em conformidade com a Resolução CONAMA 03/1990 e também com a DN COPAM 01/1981.

Com relação ao IQA, baseando-se nos resultados anteriormente apresentados, pode-se dizer que a qualidade do ar nas proximidades dos pontos monitorados apresentou-se na condição "BOA".

## 6 - RUÍDO E VIBRAÇÃO

### 6.1 - Ruído ambiental

Este subitem apresenta a consolidação dos resultados obtidos através das medições dos níveis de pressão sonora na área de estudo do complexo minerário e adutora, ocorridas em campanhas de monitoramento nos períodos de 4 a 8 de fevereiro de 2011 e de 10 a 13 de novembro de 2011, para efeito de diagnóstico do ruído ambiental.

A apresentação e avaliação destes resultados têm como objetivo oferecer um levantamento de *background* do ruído ambiental na área de estudo, visando o acompanhamento futuro de parâmetros indicadores da manutenção do ruído, devido ao potencial modificador decorrente das atividades a serem implementadas pelo empreendimento.

Como consequência da implantação do projeto, poderá ser acarretado um aumento da geração de ruído na área diretamente afetada e em seu entorno, em virtude do aumento da circulação de veículos, funcionamento de máquinas e equipamentos e outras atividades específicas, relacionadas tanto ao período de obras como durante sua operação.

Visando à avaliação do nível de ruído próximo à área da futura mina e à adutora de água, foi efetuado o monitoramento de dois pontos na primeira campanha e três pontos na segunda campanha, situados, respectivamente, nas comunidades de entorno à área do empreendimento minerário e próximo à futura estação de bombeamento da adutora.

As amostragens e as análises dos resultados foram realizadas pelo laboratório LIMNOS SANEAR - Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda. O relatório completo de Monitoramento dos Níveis de Pressão Sonora - Ruído Ambiental, incluindo metodologia adotada, resultados obtidos e análises dos mesmos encontram-se apresentados no Anexo 04 (Relatório dos Níveis de Pressão Sonora - Complexo Minerário) e no Anexo 05 (Relatório dos Níveis de Pressão Sonora - Adutora) deste documento. As principais considerações e um resumo dos resultados obtidos são apresentados nos subitens a seguir.

#### 6.1.1 - Conceitos gerais

O som é um fenômeno físico causado pela propagação de ondas mecânicas em um meio elástico, compreendidas na faixa de frequência de 16 Hz a 20 kHz e capaz de sensibilizar a audição humana.

No caso de empreendimentos, os ruídos podem ser classificados segundo três distâncias de apreensão:

- **Ruído na fonte:** o ruído de cada equipamento ou operação é considerado separadamente e supostamente localizado em campo livre, isto é, sem a presença de qualquer obstáculo na proximidade. Numa distância menor que algumas dezenas de metros são identificadas as características sonoras intrínsecas dos equipamentos, independentemente dos efeitos de vizinhança;
- **Ruído em campo próximo:** cada equipamento ou material é localizado dentro de um ambiente próximo, que pode modificar as suas características acústicas. Em relação a um campo livre, esse nível sonoro pode ser aumentado pela presença de paredes refletoras próximas ao equipamento ou, ao contrário, atenuada pela presença de obstáculos naturais ou artificiais entre a fonte e o receptor;
- **Ruído em campo distante:** se, nos dois primeiros níveis de apreensão, as características acústicas são essencialmente ligadas aos equipamentos, operações e a própria organização do espaço das instalações industriais, o ruído em campo distante é dependente de outros fatores suplementares. Esses fatores são principalmente os fenômenos meteorológicos e, em particular, a direção e a velocidade do vento, a variação vertical da temperatura, a absorção do ruído pelo solo/vegetação e a topografia do terreno.

A redução do nível de ruído na fonte e em campo próximo visa atender, preliminarmente, o conforto acústico dos empregados da empresa, sob o ponto de vista da segurança do trabalho, e das pessoas que ocupam as áreas de influência da fonte emissora. Conseqüentemente, tal ação irá refletir no nível de ruído ambiental (em campo distante).

Segundo a Instrução técnica da CETESB para aplicação da norma brasileira NBR 10.151:2000, o ruído pode ser classificado como contínuo ou descontínuo. O ruído contínuo é aquele que, no intervalo de tempo de cinco minutos, apresenta uma variação menor ou igual a 6 dB(A), entre os valores máximos e mínimos. Já o ruído descontínuo, no intervalo de tempo de cinco minutos, apresenta uma variação maior que 6 dB(A).

### 6.1.2 - Legislação aplicável

A referência adotada como legislação aplicável se constitui na Resolução CONAMA Nº 01, editada em março de 1990, que estabelece critérios e padrões de emissões de ruído quanto ao meio externo ou em níveis de ruído ambiental. Esse dispositivo se reporta à norma da ABNT NBR 10.151/2000, revisada em junho de 2000, referente à "Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, visando o conforto da comunidade". Essa norma especifica um método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos valores medidos e uma comparação dos níveis corrigidos, usando um critério que leva em conta o zoneamento urbano local: NCA - Nível de Critério de Avaliação.

O quadro 6.1 a seguir apresenta os níveis máximos aceitáveis previstos na norma NBR 10.151/2000, de acordo com o nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos.



### QUADRO 6.1 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em db(A)

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO	NOTURNO
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Áreas estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial.	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa.	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

### 6.1.3 - Metodologia para as medições de ruído ambiental

#### 6.1.3.1 - Identificação dos pontos de medição de ruído

A determinação dos pontos para monitoramento de ruído levou em consideração a proximidade com as futuras instalações do empreendimento, comunidades mais sensíveis e mais adensadas presentes na área, a direção preferencial dos ventos na região, a espacialização dos pontos ao longo das áreas de forma mais homogênea possível e, por fim, a facilidade de acesso aos locais escolhidos e as condições topográficas, evitando a interferência física de obstáculos à livre circulação do ruído.

Em função dessas informações, foram determinados cinco pontos de amostragem, conforme mostrado no quadro 6.2 e na figura 6.1.

#### QUADRO 6.2 - Identificação dos pontos de monitoramento.

N.º DO PONTO	DESCRIÇÃO DOS PONTOS
RDO 01	Bloco 8 - Vale das Cancelas
RDO 02	Bloco 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto
RDO 03	Adutora
RDO 04	Adutora
RDO 05	Adutora

O quadro 6.3 apresenta as coordenadas geográficas dos pontos monitorados e seu respectivo registro fotográfico.

### QUADRO 6.3 - Pontos de monitoramento, coordenadas geográficas e registro fotográfico.

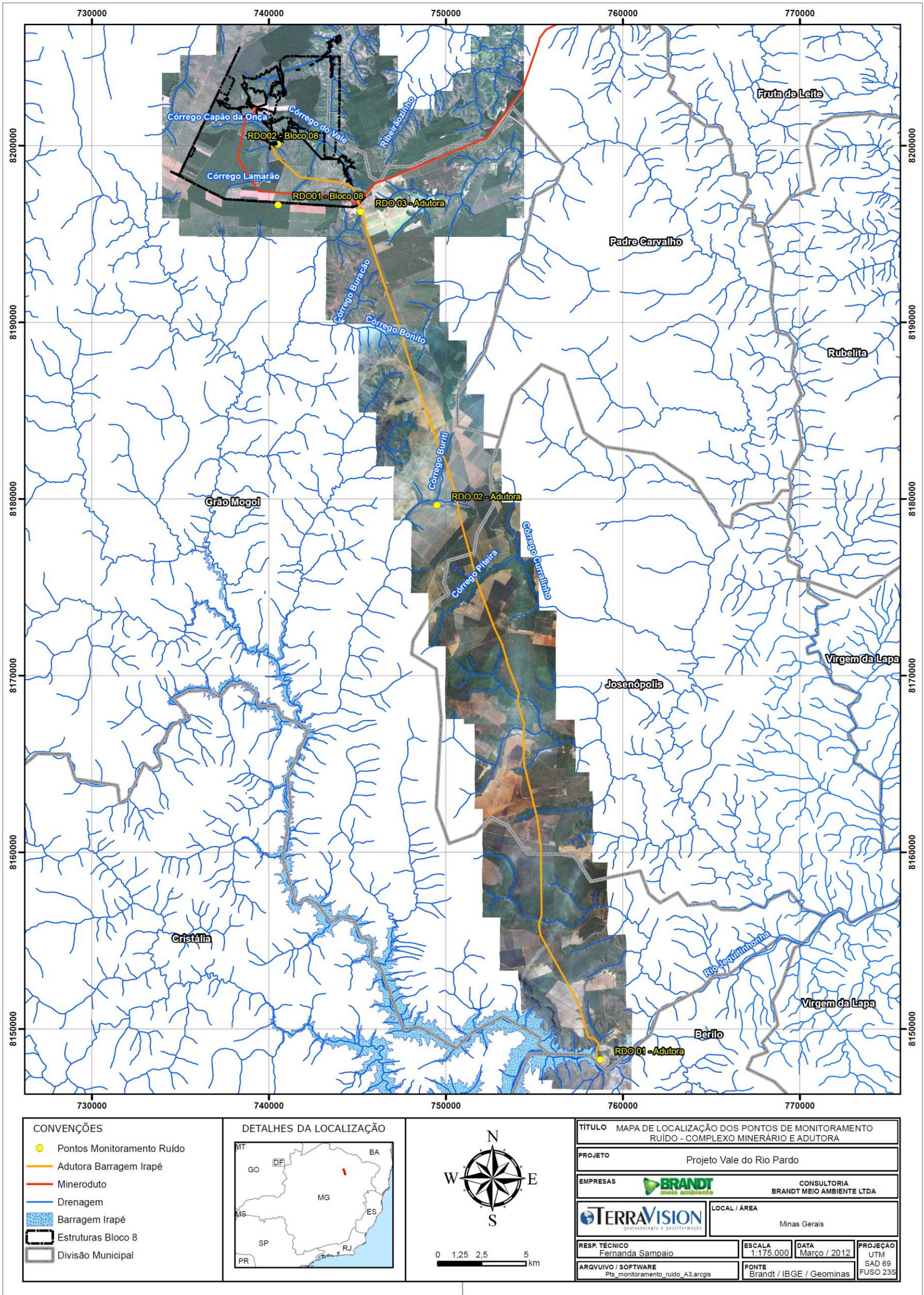
PONTOS DE MEDIÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS - UTM	REGISTRO FOTOGRÁFICO
RDO 01 - Bloco 8 - Vale das Cancelas	23K 0740528 E / 8196649 N	
RDO 02 - Bloco 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto	23K 0740517 E / 8200078 N	
RDO 03 - Adutora	23K 0758716 E / 8148248 N	

Continuação

PONTOS DE MEDIÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS - UTM	REGISTRO FOTOGRÁFICO
RDO 04 - Adutora	23K 0749498 E / 8179665 N	
RDO 05 - Adutora	23K 0745183 E / 8196274 N	



**FIGURA 6.1 - Mapa de Localização dos Pontos de Monitoramento dos Níveis de Ruído - Complexo Minerário e Adutora**





### 6.1.3.2 - Parâmetros de avaliação

Para as medições de ruído ambiental foi utilizado o Medidor de Nível de Pressão Sonora - MINIPA, Modelo MSL-1352C, com microfone de eletreto de 1/2", precisão de  $\pm 1,5$  dB (sob as condições de referência de 94 dB), onda senoidal de 1 kHz e faixa de 30 dB ~ 130 dB em frequências entre 31,5 Hz e 8 kHz.

Para o levantamento de campo, todas as medições foram efetuadas tanto durante o dia quanto à noite, sempre com tempo seco. O tempo de duração das medições foi de dez minutos consecutivos, obedecendo os procedimentos de medição da norma NBR 10.151/2000, aos padrões da Resolução CONAMA 01/1990 e à Lei Estadual nº 10.100/1990.

Após cada medição, os parâmetros de avaliação foram tratados utilizando como referência:

- Nível Estatístico (L10): é o nível de som ultrapassado por 10% dos valores medidos;
- Nível Estatístico (L90): é o nível de som ultrapassado por 90% dos valores medidos;
- Nível Contínuo Equivalente (Leq): representa o nível médio contínuo de energia sonora, equivalente ao sinal variável medido. O Leq é particularmente útil na avaliação de incômodo, situações de poluição sonora e reações subjetivas diante do ruído.

No caso da avaliação dos níveis de ruído ambiental foram considerados somente os níveis Leq - Nível Contínuo Equivalente.

### 6.1.3.3 - Frequência das medições

As medições foram realizadas no período de 4 a 8 de fevereiro de 2011 (1ª campanha, nos 02 pontos de amostragem dispostos no Bloco 8); e de 10 a 13 de novembro de 2011 (2ª campanha, realizada nos 03 pontos em proximidade ao traçado da adutora).

O medidor foi instalado em tripé com altura de 1,2m em relação ao solo, com microfone provido de protetor para-vento. As medições foram realizadas em modo FAST, na faixa de 30 a 130 dB(A), com curva de compensação A. Todas as medições tiveram duração mínima de 10 minutos, com intervalos de tomada de dados de 20 segundos, totalizando 30 medições.

O decibelímetro foi calibrado imediatamente antes de cada medição, por meio de calibrador próprio.

Os valores de nível de pressão sonora equivalente (Leq), obtidos em cada ponto, bem como sua evolução ao longo do tempo de medição, encontram-se discriminados em forma de planilha (Anexos 04 e 05).

Todos os procedimentos de amostragem definidos pela NBR 10.151/2000 foram seguidos para a realização das medições e priorizaram avaliar os ruídos propagados por fontes do ambiente alvo do estudo.

### 6.1.4 - Resultados obtidos para as medições de ruído

Os resultados alcançados nas medições realizadas são apresentados nos quadros 6.4 a 6.13 a seguir. Posteriormente, são apresentadas algumas observações coletadas em campo durante as medições, de forma a melhor orientar a avaliação dos valores medidos.

**QUADRO 6.4 - Resultados das medições - RDO 01 - Bloco 8 - Vale das Cancelas**

PONTOS	DATAS	HORÁRIO DAS MEDIÇÕES		RESULTADO EM dB(A)	
		DIURNO	NOTURNO	DIURNO	NOTURNO
ROD01	04/02/2011	14h45min às 14h55min	23h15min às 23h25min	44,1	43,5
	05 e 06/02/2011	18h23min às 18h33min	00h15min às 00h25min	55,1	40,5
	06/02/2011	18h02min às 18h12min	22h45min às 22h55min	45,9	41
	07/02/2011	18h08min às 18h28min	22h50min às 23h00min	45,9	41,5
	08/02/2011	17h33min às 17h43min	23h20min às 23h30min	42,5	39,6

**QUADRO 6.5 - Resultados das medições - RDO 02 - Bloco 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto**

PONTOS	DATAS	HORÁRIO DAS MEDIÇÕES		RESULTADO EM dB(A)	
		DIURNO	NOTURNO	DIURNO	NOTURNO
ROD02	04/02/2011	09h55min às 10h05min	22h45min às 22h55min	32,9	31,2
	05 e 06/02/2011	17h40min às 17h50min	23h40min às 23h50min	34,0	32,4
	06/02/2011	17h11min às 17h21min	22h20min às 22h30min	35,9	32,2
	07/02/2011	17h13min às 17h23min	22h20min às 22h30min	38,2	31,7
	08/02/2011	16h37min às 16h47min	22h40min às 22h50min	32,2	31,0



**QUADRO 6.6 - Resultados das medições - RDO 03 - Adutora**

PONTOS	DATAS	HORÁRIO DAS MEDIÇÕES		RESULTADO EM dB(A)	
		DIURNO	NOTURNO	DIURNO	NOTURNO
ROD03	10/11/11	13h40min às 14h50min	22h45min às 22h55min	36,2	35,0
	11/11/11	11h10min às 11h20min	22h40min às 22h50min	35,6	35,0
	12/11/11	11h05min às 11h15min	23h00min às 2h10min	34,9	35,5
	13/11/11	11h20min às 11h30min	22h20min às 22h30min	35,0	35,9

**QUADRO 6.7 - Resultados das medições - RDO 04 - Adutora**

PONTOS	DATAS	HORÁRIO DAS MEDIÇÕES		RESULTADO EM dB(A)	
		DIURNO	NOTURNO	DIURNO	NOTURNO
ROD04	10 e 11/11/11	16h30min às 16h40min	00h05min às 00h15min	42,5	36,4
	11 e 12/11/11	12h08min às 12h18min	00h10min às 00h20min	41,8	35,6
	12 e 13/11/11	12h20min às 12h30min	00h25min às 00h35min	42,4	35,5
	13/11/11	12h25min às 12h35min	23h50min às 00h00min	42,5	35,8

**QUADRO 6.8 - Resultados das medições - RDO 05 - Adutora**

PONTOS	DATAS	HORÁRIO DAS MEDIÇÕES		RESULTADO EM dB(A)	
		DIURNO	NOTURNO	DIURNO	NOTURNO
ROD05	10 e 11/11/11	15h40min às 15h50min	00h58min às 01h08min	45,4	37,3
	11 e 12/11/11	12h40min às 12h50min	00h50min às 01h00min	41,3	37,6
	12 e 13/11/11	12h55min às 13h05min	01h15min às 01h25min	41,5	37,7
	13 e 14/11/11	12h58min às 13h08min	00h25min às 00h35min	41,4	36,8

### QUADRO 6.9 - Observações durante as medições - RDO 01 - Bloco 8 - Vale das Cancelas

PONTO	DATA DAS MEDIÇÕES	OBSERVAÇÕES DURANTE AS MEDIÇÕES	
		DIURNO	NOTURNO
ROD01	04/02/2011	Ruído intermitente proveniente de pássaros, vento leve e tráfego de veículos na rodovia BR- 251.	Ruído intermitente proveniente de grilos e tráfego de veículos na rodovia BR- 251.
	05 e 06/02/2011	Ruído intermitente proveniente de pássaros; Ruído intenso proveniente de tráfego de veículos na BR- 251.	Ruído intermitente proveniente de grilos; Ruído intenso proveniente de tráfego de veículos na BR- 251.
	06/02/2011	Ruído intermitente proveniente de cães e pássaros; Ruído intenso proveniente de tráfego de veículos na BR- 251.	Ruído intenso proveniente de tráfego de veículos na BR- 251.
	07/02/2011	Ruído intermitente proveniente de cães e pássaros; Ruído intenso proveniente de tráfego de veículos na BR- 251.	Ruído intermitente proveniente de cães e pássaros; Ruído intenso proveniente de tráfego de veículos na BR- 251.
	08/02/2011	Ruído intermitente proveniente de pássaros; Ruído intenso proveniente de tráfego de veículos na BR- 251.	Ruído intermitente proveniente de grilos; Ruído intenso proveniente de tráfego de veículos na BR- 251.

### QUADRO 6.10 - Observações durante as medições - RDO 02 - Bloco 8 - Área Industrial.

PONTO	DATA DAS MEDIÇÕES	OBSERVAÇÕES DURANTE AS MEDIÇÕES	
		DIURNO	NOTURNO
ROD02	04/02/2011	Ruído intermitente proveniente de vento médio e pássaros.	Ruído intermitente proveniente de grilos.
	05 e 06/02/2011	Ruído intermitente proveniente de pássaros.	Ruído intermitente proveniente de grilos.
	06/02/2011	Ruído intermitente proveniente de vento médio, insetos e pássaros.	Ruído intermitente proveniente de grilos.
	07/02/2011	Ruído intermitente proveniente de vento leve e pássaros.	Ruído intermitente proveniente de grilos e cães.
	08/02/2011	Ruído intermitente proveniente de vento leve e pássaros.	Ruído intermitente proveniente de grilos.

### QUADRO 6.11 - Observações durante as medições - RDO 03 - Adutora

PONTO	DATA DAS MEDIÇÕES	OBSERVAÇÕES DURANTE AS MEDIÇÕES	
		DIURNO	NOTURNO
ROD01	10/11/11	Ruído proveniente de pássaros.	Ruído proveniente de grilos.
	11/11/11	Ruído proveniente de pássaros.	Ruído proveniente de grilos.
	12/11/11	Ruído proveniente de pássaros.	Ruído proveniente de grilos.
	13/11/11	Ruído proveniente de pássaros.	Ruído proveniente de grilos.

### QUADRO 6.12 - Observações durante as medições - RDO 04 - Adutora

PONTO	DATA DAS MEDIÇÕES	OBSERVAÇÕES DURANTE AS MEDIÇÕES	
		DIURNO	NOTURNO
ROD02	10 e 11/11/11	Ruído proveniente de pássaros e cigarras.	Ruído proveniente de grilos.
	11 e 12/11/11	Ruído proveniente de pássaros e cigarras.	Ruído proveniente de grilos.
	12 e 13/11/11	Ruído proveniente de pássaros e cigarras.	Ruído proveniente de grilos.
	13/11/11	Ruído proveniente de pássaros e cigarras.	Ruído proveniente de grilos.

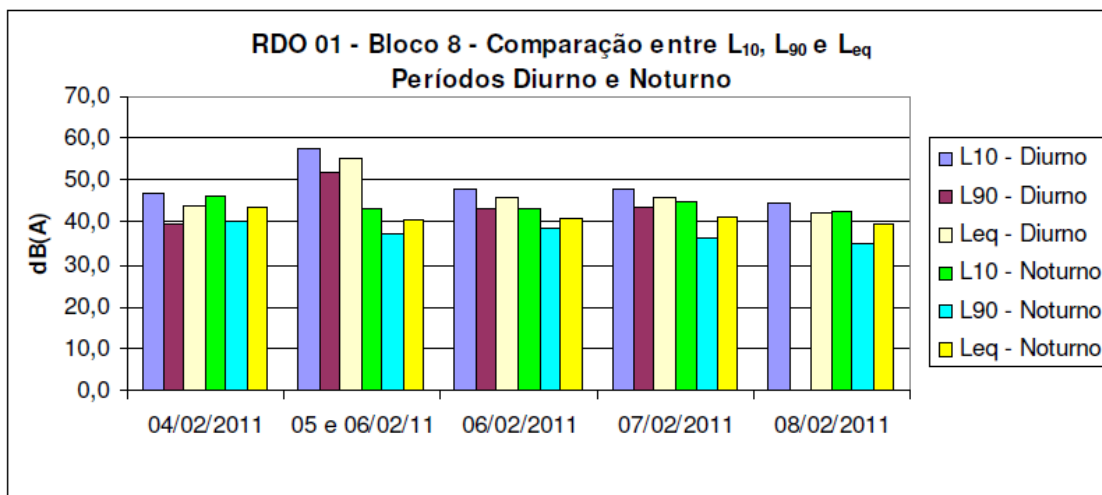
### QUADRO 6.13 - Observações durante as medições - RDO 05 - Adutora

PONTO	DATA DAS MEDIÇÕES	OBSERVAÇÕES DURANTE AS MEDIÇÕES	
		DIURNO	NOTURNO
ROD03	10 e 11/11/11	Ruído proveniente de máquinas em madeira à aproximadamente 200m do ponto de medição.	Ruído proveniente de veículos em Rodovia próximo ao ponto de medição.
	11 e 12/11/11	Ruído proveniente de veículos em Rodovia próximo ao ponto de medição.	Ruído proveniente de veículos em Rodovia próximo ao ponto de medição.
	12 e 13/11/11	Ruído proveniente de veículos em Rodovia próximo ao ponto de medição.	Ruído proveniente de veículos em Rodovia próximo ao ponto de medição.
	13 e 14/11/11	Ruído proveniente de veículos em Rodovia próximo ao ponto de medição.	Ruído proveniente de veículos em Rodovia próximo ao ponto de medição.

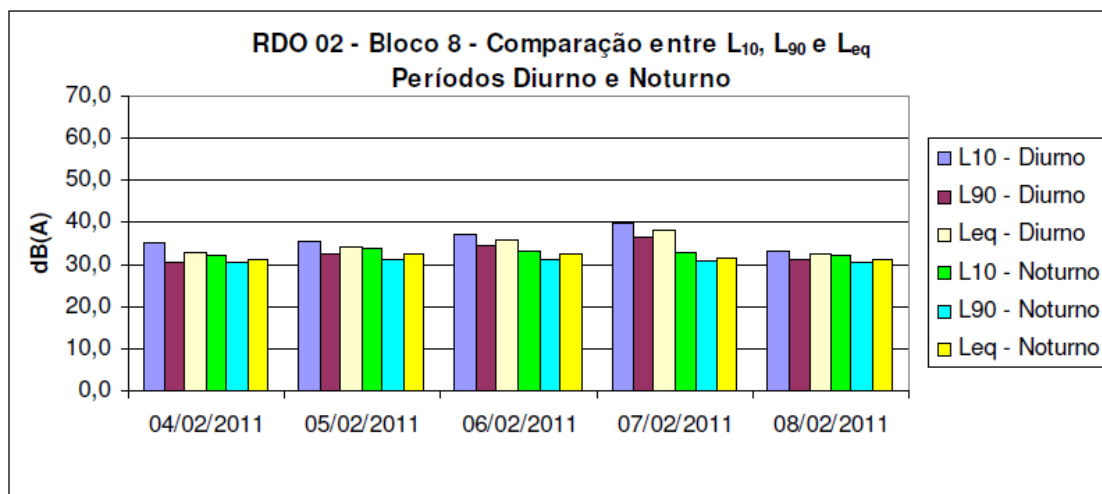
#### 6.1.4.1 - Gráficos dos níveis L10, L90 e Leq

As figuras 6.2 a 6.6 a seguir apresentam graficamente os níveis estatísticos encontrados durante as medições.

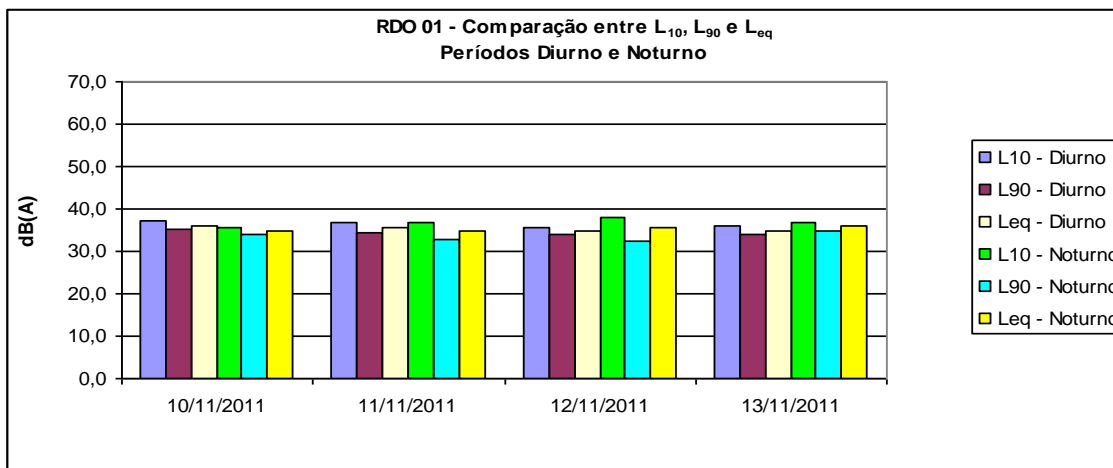
**FIGURA 6.2 - Níveis L10, L90 e Leq - RDO 01 - Bloco 8 - Vale das Cancelas**



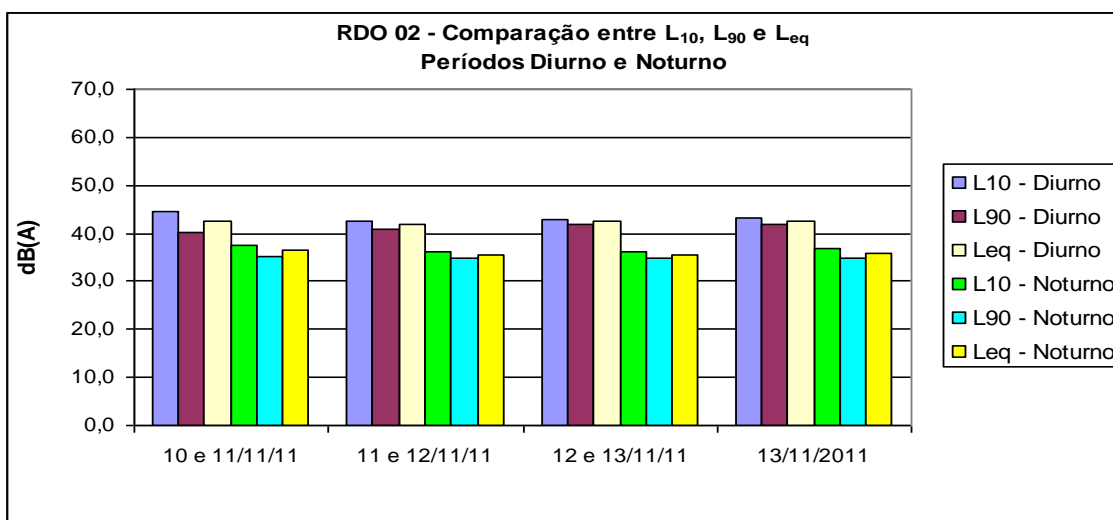
**FIGURA 6.3 - Níveis L10, L90 e Leq - RDO 02 - Bloco 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto**



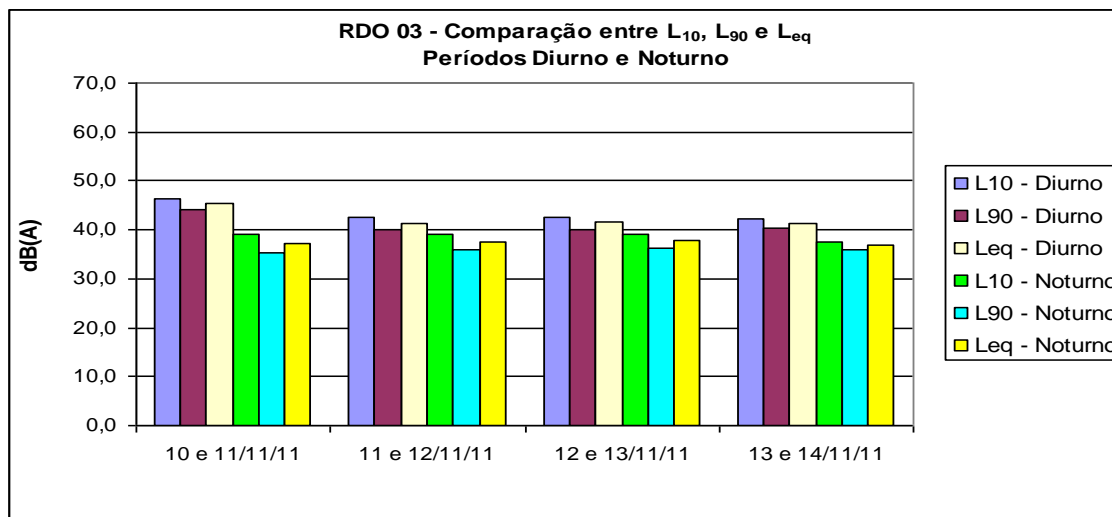
**FIGURA 6.4 - Níveis  $L_{10}$ ,  $L_{90}$  e  $L_{eq}$  - RDO 01 - Adutora**



**FIGURA 6.5 - Níveis  $L_{10}$ ,  $L_{90}$  e  $L_{eq}$  - RDO 02 - Adutora**



**FIGURA 6.6 - Níveis L<sub>10</sub>, L<sub>90</sub> e L<sub>eq</sub> - RDO 03 - Adutora**



#### 6.1.4.2 - Comparação com a referência legal e análise dos resultados

##### **Classificação dos pontos de medição**

De acordo com a tipologia das áreas monitoradas, os pontos foram classificados segundo preconizado na Resolução CONAMA 01/1990. As figuras 6.7 a 6.15 apresentam, de forma gráfica, os resultados alcançados nas medições em comparação às referências legais, considerando os períodos, diurno e noturno, e a classificação estabelecida no quadro 6.14.

**QUADRO 6.14 - Classificação dos pontos**

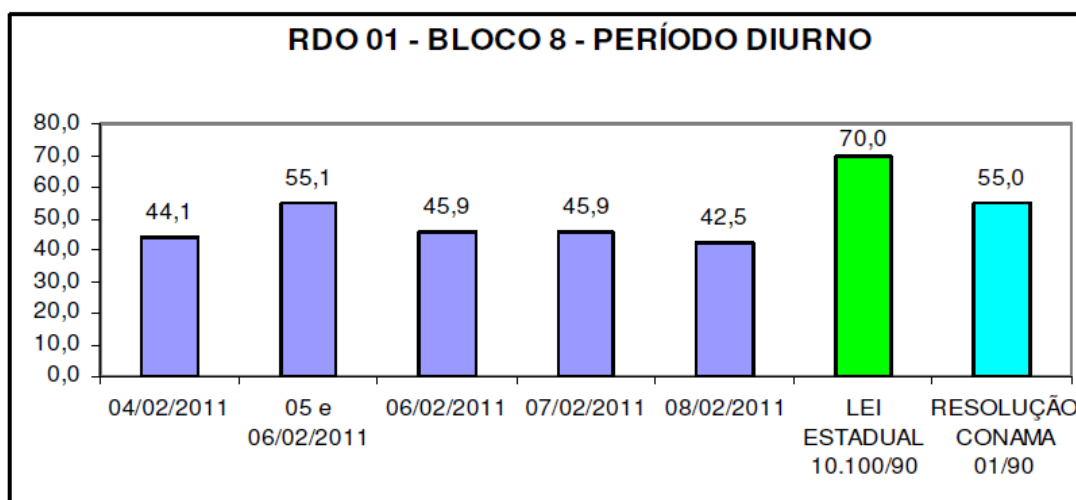
PONTOS	CLASSIFICAÇÃO
RDO 01 -Bloco 8 - Vale das Cancelas	Área mista, predominantemente residencial.
RDO 02 - Bloco 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto	Áreas de Sítios e fazendas
RDO 01 - Adutora	Área predominantemente industrial
RDO 02 - Adutora	Áreas de Sítios e fazendas
RDO 03 - Adutora	Áreas de Sítios e fazendas

Considerando a classificação estabelecida no quadro acima, os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 01/1990 para o ponto RDO 02, Bloco 8, é de 40,0 dB(A) para o período diurno e 35,0 dB(A) para o período noturno. Para o ponto RDO 01, também no Bloco 8, o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 01/1990 é de 55,0 dB(A) para o período diurno e 50,0 dB(A) para o período noturno. Para o ponto RDO 01, próximo à estação de bombeamento da adutora, o limite legal é de 70,0 dB(A) para o período diurno e 60,0 dB(A) para o período noturno, enquanto para os pontos RDO 02 e RDO 03, ambos próximos à adutora, é de 40,0 dB(A) para o período diurno e 35,0 dB(A) para o período noturno.

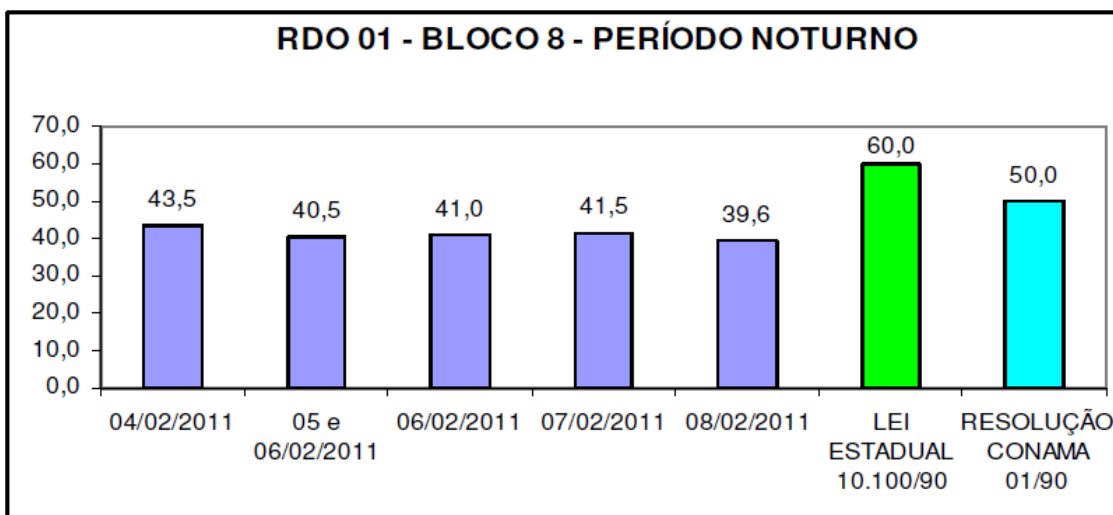
Conforme a Lei 10.100, de 17 de janeiro de 1990, que dispõe sobre a proteção contra poluição sonora no Estado de Minas Gerais, o limite seria de 70,0 dB(A) para o período diurno e 60,0 dB(A) para o período noturno, para todos os pontos alvos do estudo.

As figuras 6.7 a 6.16 mostram os resultados medidos em cada estação, comparando-os com as referências legal federal (Resolução CONAMA 01/1990) e estadual (Lei 10.100/1990).

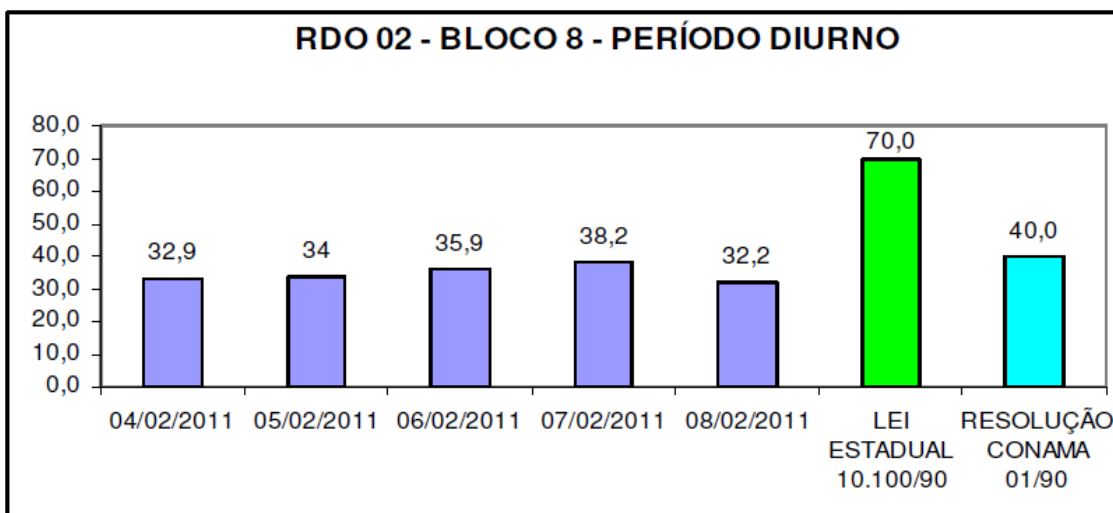
**FIGURA 6.7 - Comparação dos resultados com a referência legal - período diurno - RDO 01 - Bloco 8 - Vale das Cancelas**



**FIGURA 6.8 - Comparação dos resultados com a referência legal - período noturno - RDO 01 - Bloco 8 - Vale das Cancelas**

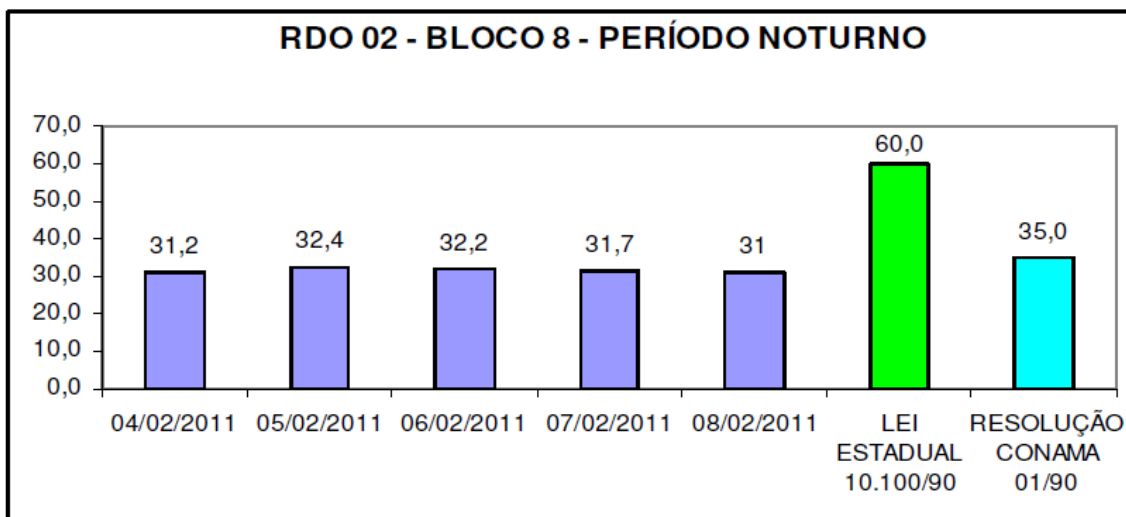


**FIGURA 6.9 - Comparação dos resultados com a referência legal - período diurno - RDO 02 - Bloco 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto**

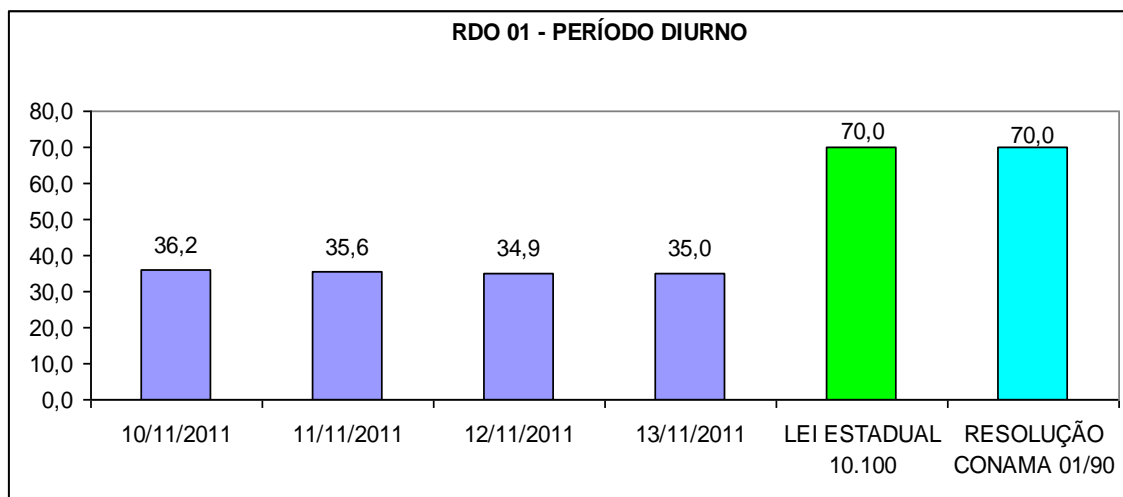




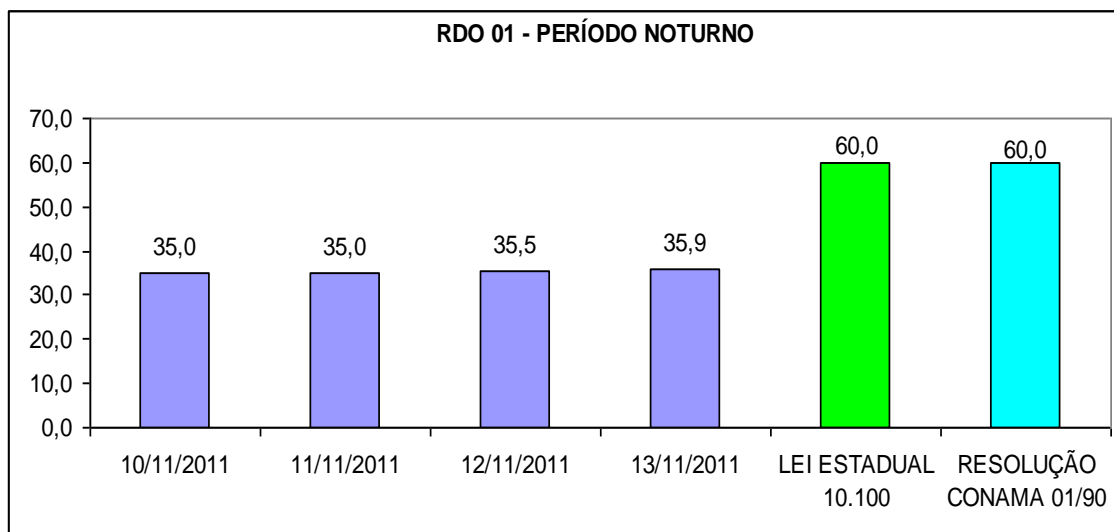
**FIGURA 6.10 - Comparação dos resultados com a referência legal - período noturno - RDO 02 - Bloco 8 - Área industrial, próximo à saída do mineroduto**



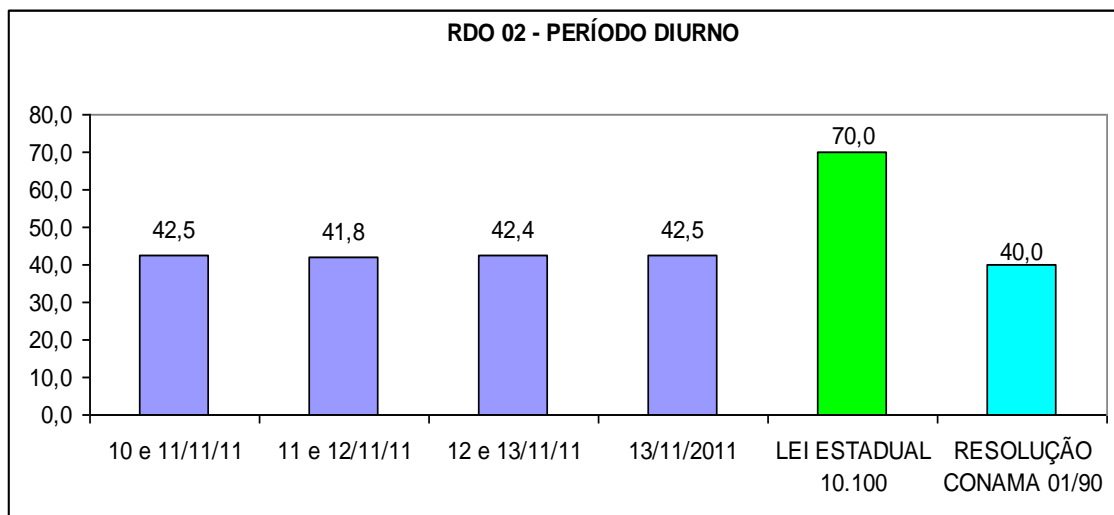
**FIGURA 6.11 - Comparação dos resultados com a referência legal - período diurno - RDO 01 - Adutora**



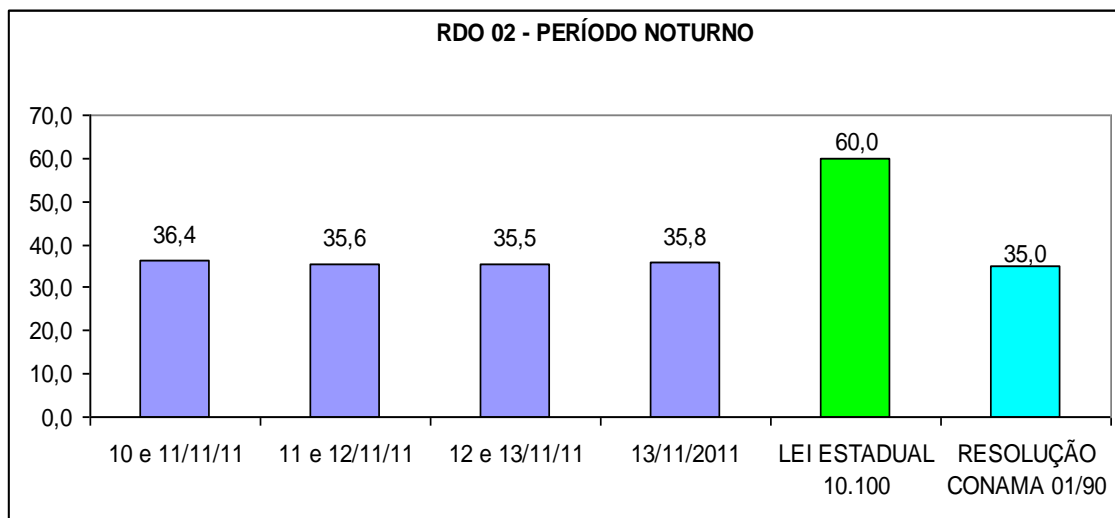
**FIGURA 6.12 - Comparação dos resultados com a referência legal - período noturno - RDO 01 - Adutora**



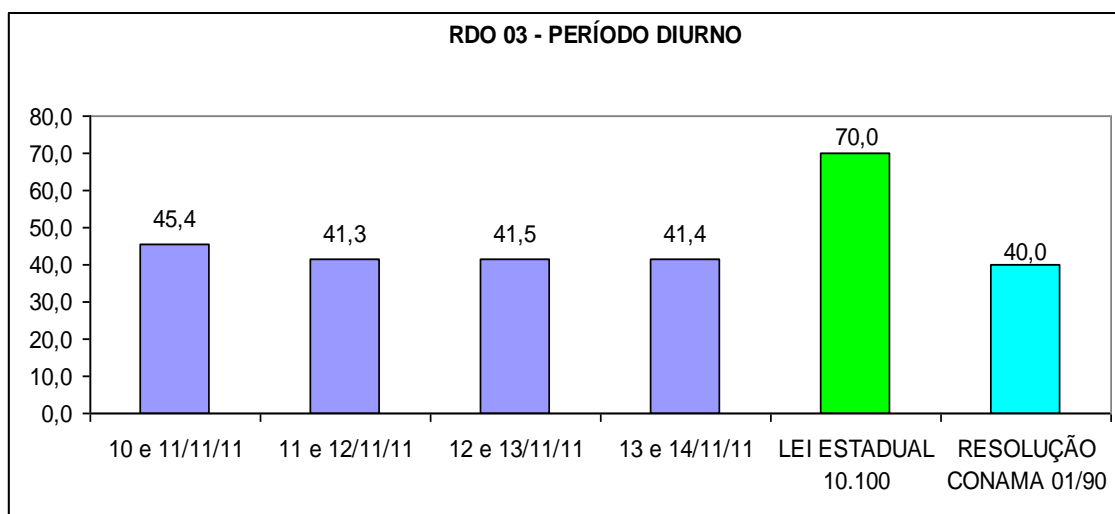
**FIGURA 6.13 - Comparação dos resultados com a referência legal - período diurno - RDO 02 - Adutora**



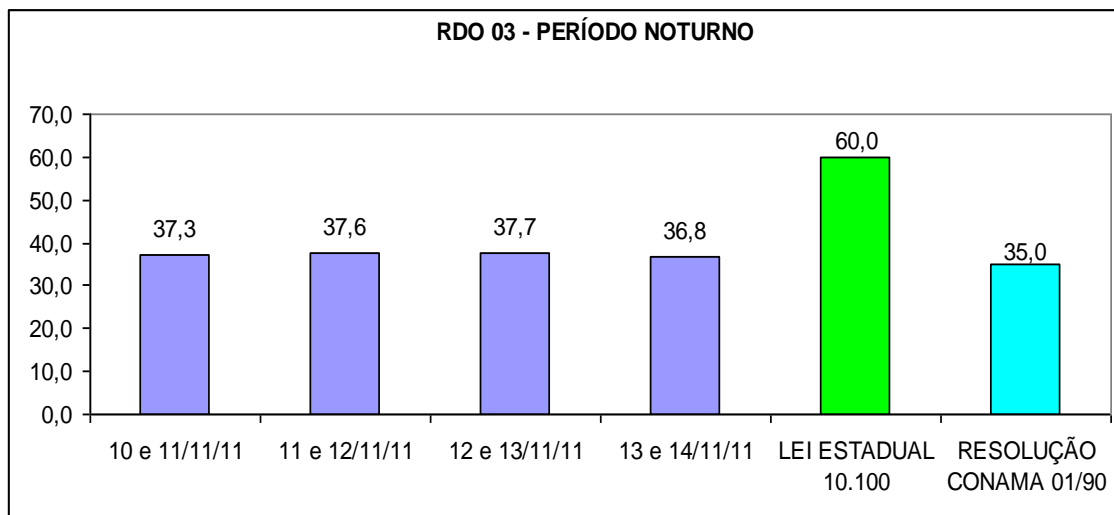
**FIGURA 6.14 - Comparação dos resultados com a referência legal - período noturno - RDO 02 - Adutora**



**FIGURA 6.15 - Comparação dos resultados com a referência legal - período diurno - RDO 03 - Adutora**



**FIGURA 6.16 - Comparação dos resultados com a referência legal - período noturno - RDO 03 - Adutora**



### 6.1.5 - Conclusão

Os resultados das medições efetuadas nos pontos monitorados no Estado de Minas Gerais enquadraram-se nos limites definidos pela Lei Estadual N°10.100/1990, para os períodos diurno e noturno.

Considerando-se os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 01/1990, observa-se que os níveis de ruído foram ligeiramente excedidos em apenas um ponto monitorado na campanha do mês de fevereiro, sendo o excesso, porém, considerado não significativo. Já na campanha do mês de novembro, apenas um ponto estava em conformidade com a lei, como descrito neste relatório.

#### **Referência Federal**

Observa-se pelos resultados alcançados que os limites de referência, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 01, de 08 de março de 1990, foram excedidos na campanha de fevereiro apenas no ponto RDO 01, enquanto na campanha de novembro os limites foram excedidos em todos os pontos monitorados, exceto no ponto RDO 01, próximo à adutora.

Para o ponto RDO01, em fevereiro/2011, o valor encontrado está associado ao ruído proveniente de pássaros e ruído intenso proveniente de tráfego de veículos na BR-251. Ressalta-se que esse valor não é significativo, sendo praticamente coincidente ao limite estabelecido.

Em relação aos demais pontos monitorados, o não enquadramento à legislação federal observada na segunda campanha ocorreu devido a fontes ruidosas provenientes de animais (pássaros, grilos, cães e cigarras), vento leve e médio e ruído intenso, proveniente de tráfego de veículos, o que o explica o não enquadramento.

### **Referência Estadual**

Observa-se, pelos resultados alcançados, que os limites de referência estabelecidos pela Lei 10.100, de 17 de janeiro de 1990, não foram excedidos nos pontos localizados no estado de Minas Gerais.

Desta forma, o não enquadramento dos pontos monitorados, que excederam os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA, são em geral devido a fontes ruidosas verificadas em campo como provenientes de animais (pássaros, grilos, cães e cigarras), vento leve e médio e ruído intenso, proveniente de tráfego de veículos, o que o explica o não enquadramento.

Conclui-se assim que o atendimento aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 01/1990 e Lei Estadual 10.100/1990, está diretamente relacionado à intensidade e à periodicidade de emissão de ruídos de fontes ruidosas locais presentes na região alvo.

## **6.2 - Vibração**

O presente subitem apresenta a compilação do levantamento e análise dos níveis de vibração e de pressão acústica, registrados no entorno da área de implantação do futuro empreendimento minerário.

A empresa responsável pelo monitoramento sismográfico nos pontos da área de operação da mina foi a Technoblast Serviços de Detonação e Sismografia Ltda., de São Paulo, tendo o trabalho se desenvolvido no dia 02 de março de 2011.

A campanha de monitoramento de vibrações teve como objetivo obter registros de *background* de vibração da área, para verificação da magnitude dos impactos ambientais no atual estágio do projeto e realização de comparações futuras, em função das atividades pretendidas pelo empreendimento.

Os resultados obtidos foram analisados tendo-se como referência os limites de restrição da norma ABNT NBR 9653/2005, que é um guia de avaliação de vibrações provocadas por detonações com explosivos em minerações próximas a áreas urbanas.

As informações e dados coletados, utilizados para as análises disponibilizadas no presente diagnóstico, em forma de relatório completo, encontram-se disponíveis, no Anexo 06 (Relatório Sismográfico - Complexo Minerário) deste documento.

## **6.2.1 - Metodologia empregada**

### **6.2.1.1 - Equipamento utilizado**

Para a realização do trabalho foi utilizado sismógrafo de engenharia GEOSONICS®, modelo SSU 3000 EZ+, equipamento esse que segue as normas que regulamentam a atividade pretendida.

O sismógrafo foi instalado nos locais determinados e as medições seguiram uma ordem de grandeza decrescente até que não houvesse mais registro do fenômeno, sensibilizado pelo mínimo ganho do equipamento.

A instalação do sismógrafo (geofone e microfone) seguiu os mais usuais procedimentos técnicos utilizados em termos de escolha do local, método de fixação e nivelamento dos sensores.



O sismógrafo foi programado para operar no modo contínuo (histograma), por ser o mais indicado para esse tipo de monitoramento, onde são captados continuamente os valores de velocidade de partícula e de pressão acústica e registrados os seus picos a cada minuto.

### **6.2.1.2 - Ensaios realizados e pontos de monitoramento**



A localização dos pontos de monitoramento de vibração é apresentada na figura 6.17.

Os pontos de medição foram escolhidos tendo-se como base áreas com presença humana e instalações físicas construídas ou próximas a estradas, devido ao impacto direto dessa atividade. O quadro 6.15 a seguir apresenta as coordenadas geográficas dos pontos monitorados e registro fotográfico desses pontos.

### QUADRO 6.15 - Pontos de monitoramento, coordenadas geográficas e registro fotográfico



PONTOS DE MEDIÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS - UTM	REGISTRO FOTOGRÁFICO
Ponto 8VB01	8202380 N/ 736820 E	
Ponto 8VB02	8202280 N/ 739415 E	

Continuação

<b>PONTOS DE MEDIÇÃO</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS - UTM</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>
Ponto 8VB03	8202290 N/ 740284 E	
Ponto 8VB04	8202770 N/ 741478 E	



Continuação

<b>PONTOS DE MEDIÇÃO</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS - UTM</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>
Ponto 8VB05	8201400 N/ 740322 E	
Ponto 8VB06	8196710 N/ 744134 E	

Continuação



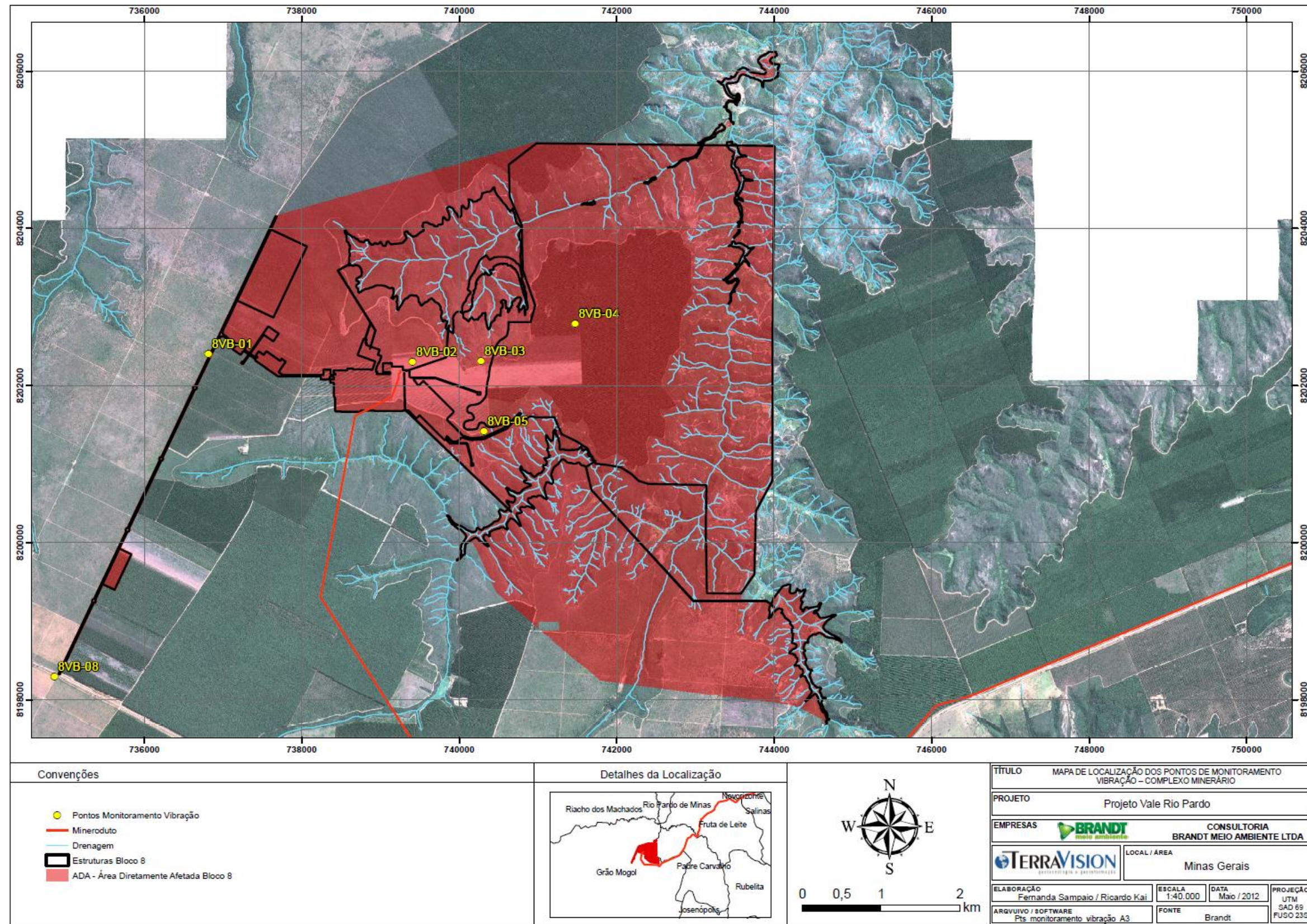
<b>PONTOS DE MEDIÇÃO</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS - UTM</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>
Ponto 8VB07	8196920 N/ 740192 E	 A photograph showing a cleared field with sparse vegetation and a surveying station (GNSS receiver) in the foreground. The background features a line of trees under a cloudy sky.
Ponto 8VB08	8198270 N/ 734866 E	 A photograph showing a dirt road with a surveying station (GNSS receiver) in the foreground. The background features a line of trees under a cloudy sky.

FIGURA 6.17 - Mapa de Localização dos Pontos de Monitoramento de Vibração - Complexo Minerário





## 6.2.2 - Resultados obtidos

O quadro 6.16 apresenta os resultados de vibração obtidos, os quais são apresentados na forma de valores de pico e respectivas frequências.

**QUADRO 6.16 - Resultados obtidos nos monitoramentos**

Dia	Hora	Tempo (min)	Pontos	L (mm/s)	Freq. (Hz)	T (mm/s)	Freq. (Hz)	V (mm/s)	Freq. (Hz)	Pa (dBL)
02/03	09:42	30	8VB-06	0,25	14,7	0,19	16,1	0,19	16,7	90
	11:00	30	8VB-04	0,13	45,5	0,13	100,0	0,13	71,4	79
	11:53	30	8VB-03	0,13	250,0	0,13	38,5	0,13	83,3	89
	12:38	30	8VB-05	0,13	71,4	0,13	55,6	0,13	83,3	90
	14:22	30	8VB-07	0,32	15,6	0,32	16,7	0,32	20,0	92
	15:12	30	8VB-08	0,51	20,0	0,64	14,7	0,51	13,5	94
	16:01	30	8VB-01	0,32	45,5	0,44	55,6	0,44	100,0	95
	16:51	30	8VB-02	0,19	71,4	0,13	250,0	0,13	166,7	87

L - pico da componente longitudinal definida pela reta entre o ponto de monitoramento e a área de compactação;

T - pico da componente perpendicular à longitudinal, no plano horizontal;

V - pico da componente perpendicular ao plano determinado por L e T;

Fre - Frequência de pico de velocidade de partícula da onda;

Pa - Pressão acústica.

Vale ressaltar que os valores de pressão acústica registrados por um sismógrafo de engenharia referem-se a picos de ruído impulsivo e não contínuo, medidos na escala linear, não devendo, portanto, serem confundidos com valores de ruído contínuo medidos na escala A-weight ou outra qualquer.

## 6.2.3 - Conclusão

A partir dos resultados obtidos na forma de valores de pico e respectivas frequências, não se verificaram anomalias que pudessem indicar um mau funcionamento ou incorreta instalação dos sensores, validando, sob esse aspecto, as medidas obtidas.

De maneira geral, observou-se que os resultados obtidos nos monitoramentos contínuos foram consistentemente baixos, com picos ocasionais em alguns pontos, devido ao tráfego de veículos pesados e fenômenos naturais do meio ambiente, especialmente vento.

Observa-se que, atualmente, na futura área de instalação do empreendimento, conforme já esperado, não foram detectados quaisquer eventos de vibração que extrapolem as normas ou legislações de referência.

## **7 - GEOLOGIA**

### **7.1 - Introdução**

O presente item apresenta a descrição geológica regional da área que engloba o complexo minerário e a adutora do Projeto Vale do Rio Pardo, que abrange parte dos municípios de Grão Mogol, Padre Carvalho e Josenópolis.

### **7.2 - Geologia Regional**

#### **7.2.1 - Introdução**

A área de estudo localiza-se imediatamente a leste da borda oriental da cordilheira do Espinhaço e engloba as rochas do Grupo Macaúbas, domínio externo da província tectônica Orógeno Araçuaí.

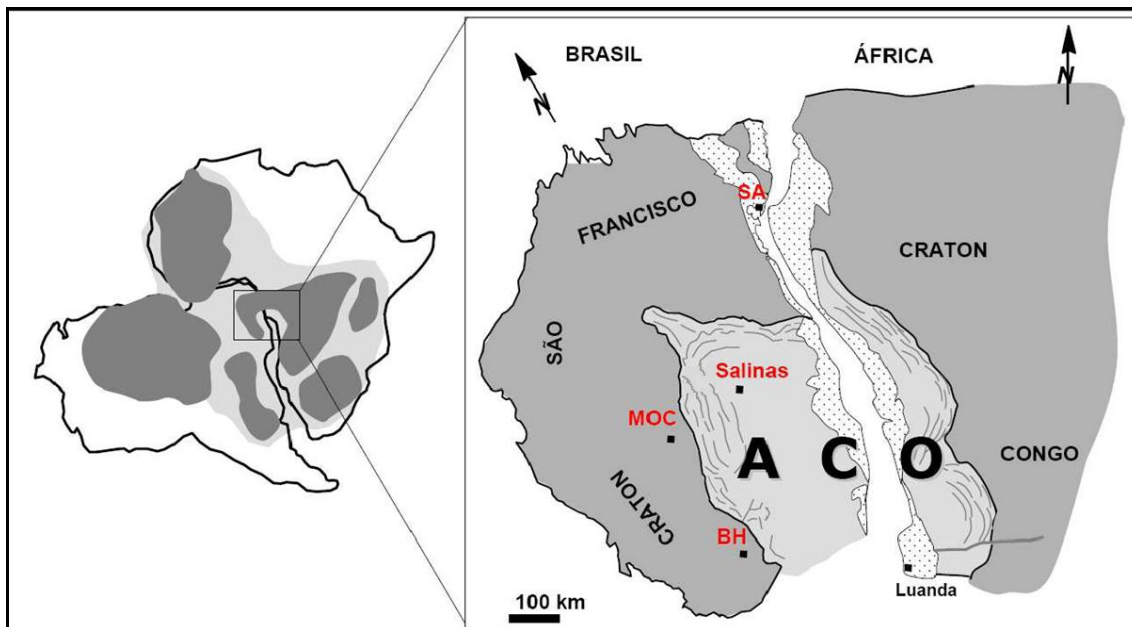
O Grupo Macaúbas apresenta expressão regional e cobre ampla região do Orógeno Araçuaí, sendo considerada uma unidade de elevado potencial mineral, associado à ocorrência de metadiamicictitos mineralizados em ferro, como é o caso da mineralização do Bloco 8 da Sul Americana de Metais S/A.

A síntese da caracterização do Orógeno Araçuaí, sua evolução geológica e seus domínios tectônicos são apresentados a seguir. Com maior enfoque, posteriormente, é caracterizado o Grupo Macaúbas, considerando a sua estrutura, suas unidades, as formações que o compõe, a litoestratigrafia e o seu contexto tectônico. O enfoque principal foi dado à área de estudo, onde serão instalados o complexo minerário e a adutora.

#### **7.2.2 - Orógeno Araçuaí**

O termo Orógeno Araçuaí é utilizado para se referir ao conjunto orogênico neoproterozóico contido na grande reentrância delimitada pelos crátons do São Francisco e Congo (África), cujo limite meridional no Brasil seria balizado pela extremidade sudeste do Cráton do São Francisco, na altura do paralelo 21° S (Pedrosa-Soares & Noce 1998; Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000; Pedrosa-Soares *et al.* 2001) (Figura 7.1). Localiza-se na margem sudeste do Cráton do São Francisco, estando orientado aproximadamente na direção N-S, com vergência para oeste e transporte tectônico para o Cráton (Almeida 1977).

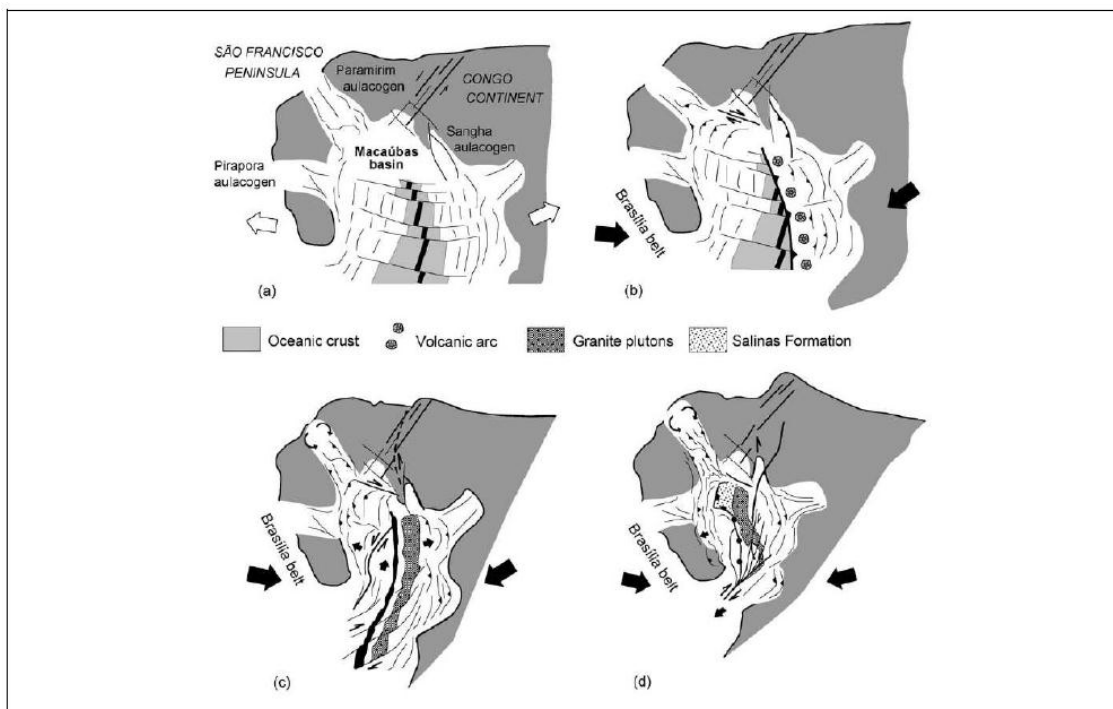
**FIGURA 7.1 - Orógeno Araçuaí - Congo Ocidental (ACO) entre os crátons do São Francisco e Congo**



Fonte: Modificado de Alkmim et al. 2006

No Neoproterozóico, por volta de 900 Ma, o continente São Francisco-Congo começou a se dividir (Pedrosa-Soares *et al.* 2007), processo esse evidenciado pela ocorrência de diques que marcam a ocorrência de rifteamentos, que por sua vez originaram a estrutura onde se depositou a bacia Macaúbas. Por volta de 630 Ma iniciou-se a inversão do movimento, resultando no fechamento da bacia Macaúbas e na formação do Orógeno Araçuaí. Alkmim *et al.* (2006) sugerem que essa colisão seja resultado de uma movimentação semelhante ao funcionamento de um quebra-nozes (Figura 7.2), com dissipação de tensões e acomodação de deformações através de riftes no interior das zonas cratônicas. Assim sendo, as idades entre 900 Ma e 630 Ma balizam a abertura e o fechamento da bacia onde se depositou o Grupo Macaúbas. O fechamento teria ocorrido em quatro fases de convergência: pré-colisional (ca. 630 - 580 Ma), sin-colisional (ca. 580 - 560 Ma), tardi-colisional (ca. 560 - 530 Ma) e pós-colisional (ca. 530 - 490 Ma) (Pedrosa-Soares *et al.* 2007).

**FIGURA 7.2 - Modelo quebra nozes para a formação do Orógeno Araçuaí**



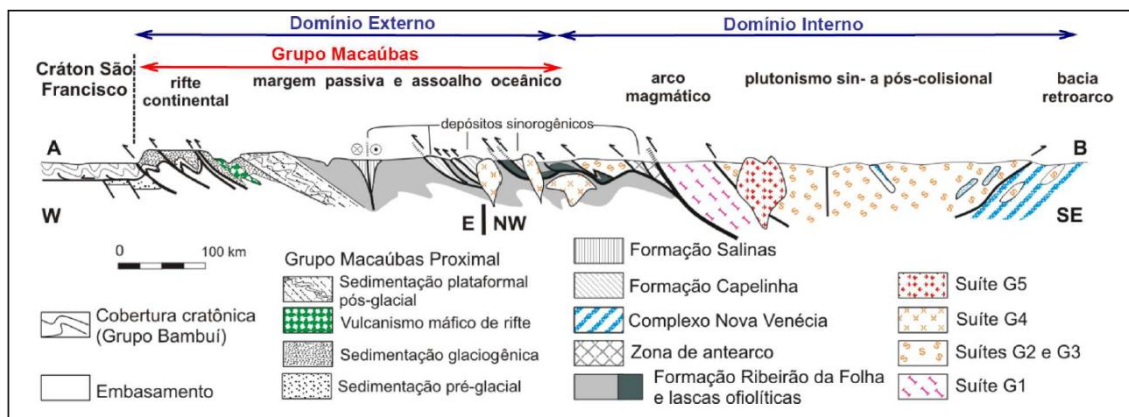
Fonte: Alkmim et.al 2006; 2007

As compartimentações tectônicas maiores do Orógeno Araçuaí formaram dois domínios de antepaís, correspondendo a coberturas deformadas do Cráton do São Francisco (Figura 7.3). Ulhein & Trompette (1993) definiram esses dois domínios da seguinte forma:

- Domínio externo, ocidental ou proximal: é caracterizado por metamorfismo que varia da fácies xisto verde a anfíbolito e por uma sucessão de dobras assimétricas com vergência para oeste, separadas por zonas de cisalhamento dúctil-rúptil homoclinais. Essa deformação manifesta-se por uma xistosidade S1 orientada norte-sul e com mergulho variável entre 10° e 50° para leste, exibindo uma lineação de estiramento com caimento entre 20° e 50° para leste, a qual indica a direção de transporte tectônico.
- Domínio interno, oriental ou distal: se constitui no prolongamento norte do Cinturão Atlântico ou da Faixa Ribeira, estando relacionado às quatro fases evolutivas do orógeno (pré-colisional, sin-colisional, tardi-colisional e pós-colisional). Esse domínio, ao contrário da unidade externa, não possui vergência bem definida. Os trabalhos geocronológicos de Siga Jr. (1986) e Siga Jr. et al. (1987) mostraram que esses terrenos devem corresponder a material brasileiro altamente metamórfico.



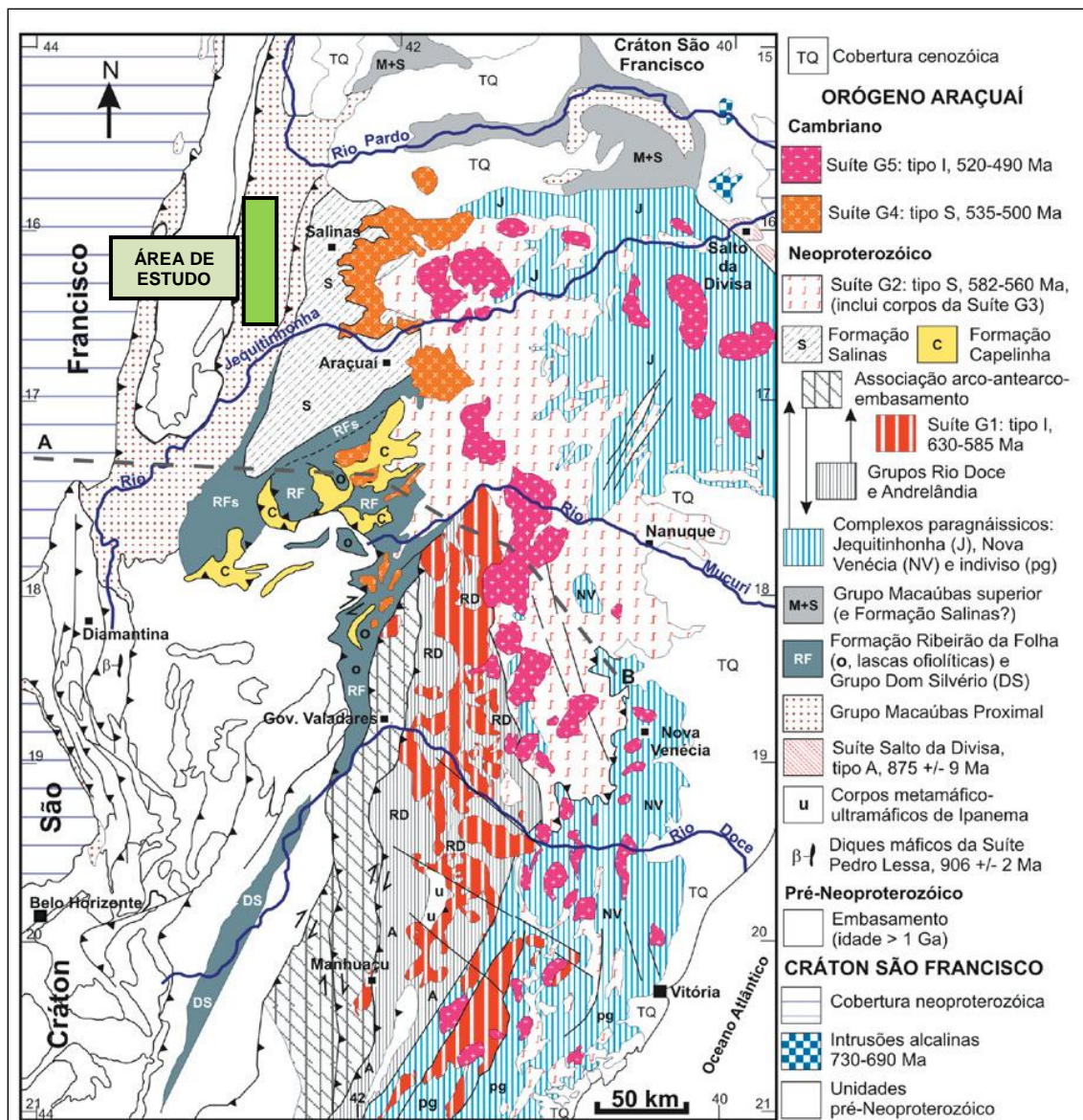
**FIGURA 7.3 - Componentes geotectônicos do Orógeno Araçuaí representados em perfil**



Fonte: Vilela 2010, modificado de Pedrosa-Soares et al. 2007.

A área de estudo do complexo minerário e da adutora está localizada em sua totalidade no Grupo Macaúbas, domínio que será descrito a seguir. A figura 7.4 mostra a geologia do Orógeno Araçuaí, com destaque para a área de estudo.

**FIGURA 7.4 - Mapa geológico do Orógeno Araçuai e a localização da área de estudo, englobando o complexo minerário e a adutora**



Fonte: modificado de Pedrosa-Soares et al., 2007

### 7.2.2.1 - Grupo Macaúbas

O Grupo Macaúbas, formado entre 900 Ma e 630 Ma, pertence ao domínio externo do Orógeno Araçuai. Trata-se essencialmente de uma unidade sedimentar fortemente afetada por dobramentos e empurrões com vergência para oeste e ausência de magmatismo orogênico (Pedrosa-Soares *et al.* 2001; 2007). Registra um evento tafrogênico regional, inicialmente acompanhado de magmatismo de caráter básico, por volta de 900 Ma (Vilela 2010; Pedrosa Soares 2007).

Estruturalmente, as rochas do Grupo Macaúbas possuem direção preferencial NNE, com variações para NE e NS, sendo ainda observada uma deformação posterior que gera uma clivagem de crenulação NNW-NE (Siga Jr. 1986). Apresenta polaridade sedimentar e amplo desenvolvimento faciológico no sentido NNW-SSE, com registro de todos os estágios de desenvolvimento bacinal de um rifte continental para uma margem passiva (Noce *et al.* 1993). Os contatos entre as rochas do Grupo Macaúbas e aquelas unidades constituintes do seu embasamento são marcadas por zonas de cisalhamento subhorizontais ou então por falhas reversas de alto ângulo (Guimarães *et al.* 1993). Também é comum encontrar em toda a área diques clásticos com direção variáveis (predominantemente N-S), espessura entre 2 e 20 m e comprimentos de até 5 km (Egger 2006).

Estudos mais detalhados da área (Pedrosa-Soares *et al.* 1992; Uhlein 1991, 1995; Mourão *et al.* 1997; Marshak *et al.* 2006) reconheceram três conjuntos de estruturas relacionados às três fases de deformação:

- A primeira fase (D1), de natureza dúctil (Pedrosa-Soares *et al.* 1992), é marcada pela foliação regional (S1), com direção N-S e mergulho entre 10° e 50° para leste, correspondendo ao plano axial de dobras apertadas a isoclinais vergentes para oeste, no sentido do Cráton do São Francisco. Nessa foliação também é observada importante lineação mineral e de estiramento de seixos, que assim como as dobras indicam transporte para oeste;
- A segunda fase (D2) marca a transição dúctil-rúptil (Pedrosa-Soares *et al.* 1992) e apresenta como principal característica uma clivagem de crenulação (S2) que mergulha para oeste, com média de 45°. Essa clivagem de crenulação é plano axial de dobras assimétricas em cascata, vergentes para leste. Essa estruturação da segunda fase de deformação, contrária ao transporte tectônico da fase D1, deve-se a uma larga zona de cisalhamento normal que acomodou deslocamentos da porção interna do Orógeno Araçuaí durante o colapso gravitacional (Marshak *et al.* 2006).
- A terceira e última fase de deformação (D3) representa a deformação rúptil e é caracterizada por dois sistemas de fraturas bem espaçadas, direcionados NW e NE, os quais parecem estar associados às grandes flexuras regionais.

Na área de estudo, principalmente nos locais onde ocorrem os metadiamicritos mineralizados, observa-se os três conjuntos de estruturas. No diagnóstico local são descritas as litoestruturas mapeadas em campo.

#### **7.2.2.1.1 - Unidades, formações e depósitos do Grupo Macaúbas**

O Grupo Macaúbas comporta duas unidades: uma unidade proximal, formada por depósitos pré-glaciais, glaciais e transicionais, e uma unidade distal, formada por depósitos pós-glaciais, que encerram turbiditos de margem passiva e restos ofiolíticos (Pedrosa-Soares *et al.* 1998, 2001) (Figura 7.5).

As unidades proximais contêm expressivos pacotes de rochas glaciogênicas (metadiamicctitos), que representam depósitos sedimentares que registram estágios de evolução da bacia desde sua fase rifte, marcada por sequências pré-glaciais e glaciais, até a fase transicional, evidenciada por sequências glácio-marinhas (Noce *et al.* 1997; Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000). A unidade distal do Grupo Macaúbas é caracterizada por sedimentação de margem passiva, em regime transgressivo (Pedrosa-Soares 1995), pós-glacial (Figura 7.5).

As unidades e formações do Grupo Macaúbas que constituem cada um dos estágios da fase orogênica são caracterizadas a seguir e representadas nas figuras 7.5 e 7.6.

### ***Fase rifte/ Unidade Proximal/ Formações Matão, Rio Peixe Bravo e Duas Barras/ Sequência pré-glacial***

A fase rifte da bacia desenvolveu-se entre ca. 930 e 880 Ma e seu registro sedimentar é representado pelas unidades basais e proximais do Grupo Macaúbas. A sequência pré-glacial, que marca o estágio rifte continental da bacia Macaúbas, é representada por quartzitos, filitos, metaconglomerados, metassiltitos e metadolomitos das formações Matão, Rio Peixe Bravo e Duas Barras, depositadas em ambiente que varia de fluvial a marinho raso (Noce *et al.* 1997, apud Vilela 2010; Pedrosa-Soares 2010).

### ***Fases rifte e de margem passiva/ Unidade Proximal/ Formações Serra do Catuni, Nova Aurora e Chapada Acauã/ Sequência glacial***

O estágio transicional entre as fases rifte e de margem passiva é representado pela sequência glacial do Grupo Macaúbas e consiste de metadiamicctitos, quartzitos e filitos da Formação Serra do Catuni, depositada em ambiente glácio-litorâneo. Ocorrem ainda as rochas das formações Nova Aurora e Chapada Acauã, caracterizadas por metadiamicctitos ricos em hematita com alternâncias de níveis pouco espessos de quartzitos e metapelitos. Essa sequência foi depositada por corridas de detritos e turbiditos, caracterizando uma sequência glácio-marinha extensiva que marca a transição de um estágio de rifte para margem passiva (Noce *et al.* 1997, apud Vilela 2010). À medida que o rifte evoluiu, a sedimentação glácio-marinha tornou-se também progressivamente mais intensa, com deposição de espessas camadas de diamictitos, que correspondem ao litotipo principal das formações Nova Aurora e Chapada Acauã.

Na unidade proximal o metamorfismo grada da fácies xisto verde baixo, junto ao limite cratônico, até a fácies anfíbolito alto e granulito, crescente de oeste para leste e de norte para sul (Almeida *et al.* 1978; Pedrosa-Soares *et al.* 1984, 1992, 2001; Trompette 1994).

### ***Fase de margem passiva/ Unidade Distal/ Formação Ribeirão da Folha/ Sequência pós-glacial***

A fase de margem continental passiva da Bacia Macaúbas é representada por extenso pacote de turbiditos areno-pelíticos depositados em ambiente de mar profundo, característicos de sedimentação de margem passiva em regime transgressivo, depositados após o final da glaciação, e por remanescentes de crosta oceânica (Pedrosa-Soares 1995). Essa unidade distal do Grupo Macaúbas corresponde à Formação Ribeirão da Folha, que inclui duas unidades (Pedrosa Soares 1995, apud Vilela 2010):

- Unidade exclusivamente sedimentar, turbidítica de mar profundo com areia e lama, composta por sucessões de quartzito-mica xistos e intercalações de metagrauvascas, rochas calcissilicáticas, metaconglomerados e xistos;
- Unidade vulcano-sedimentar distal, que inclui pelitos de mar profundo metamorfisados, metacherts, sulfetos maciços, formações ferríferas bandadas e ortoanfibolitos, correspondentes a basaltos de fundo oceânico.

O metamorfismo regional varia da zona da granada (transição das fácies xisto verde e anfibolito) até a zona da silimanita, fácies anfibolito. Os ortoanfibolitos mostram assinatura geoquímica de assoalho oceânico e representam seções diversas da crosta oceânica, desde a porção gabróica inferior até rochas vulcânicas. Datações Sm-Nd nos ortoanfibolitos forneceram idade isocrônica (rocha total) em torno de 816 Ma, indicativa da cristalização magmática dos protólitos máficos (Pedrosa Soares 1995, apud Vilela 2010).

Lascas tectônicas de rochas metaultramáficas estão encaixadas na Formação Ribeirão da Folha, interpretadas como porções de manto suboceânico.

O Grupo Macaúbas recobre os metassedimentos do Supergrupo Espinhaço. Suas unidades apresentam espessuras consideráveis, podendo atingir cerca de 5 km, já que a Formação Nova Aurora atinge de 1 a 3 km (Viveiros *et al.* 1978; Grossi-Sad *et al.* 1997a, Uhlein *et al.* 1998, 1999). A sedimentação das fases do rifte continental e da margem passiva proximal é subdividida, segundo Noce *et al.* (1997), da base para o topo, nas formações Duas Barras, Rio Peixe Bravo, Serra do Catuni, Nova Aurora e Chapada Acauã (Figura 7.5).

As formações Duas Barras e Rio Peixe Bravo registram sedimentação fluvial a marinha e desenvolveram-se antes do início do rifte, não apresentando vestígios de glaciação (Noce *et al.* 1997; Grossi-Sad *et al.* 1997; Martins 2006), sendo portanto pré-glaciais. A idade máxima de sedimentação dessas unidades é considerada como  $900 \pm 21$  Ma, como indica datação U-Pb (SHRIMP) em zircões detríticos extraídos de metarenitos da Formação Duas Barras (Babinski *et al.* 2007). Essa idade limita também a época do início da deposição do Grupo Macaúbas.

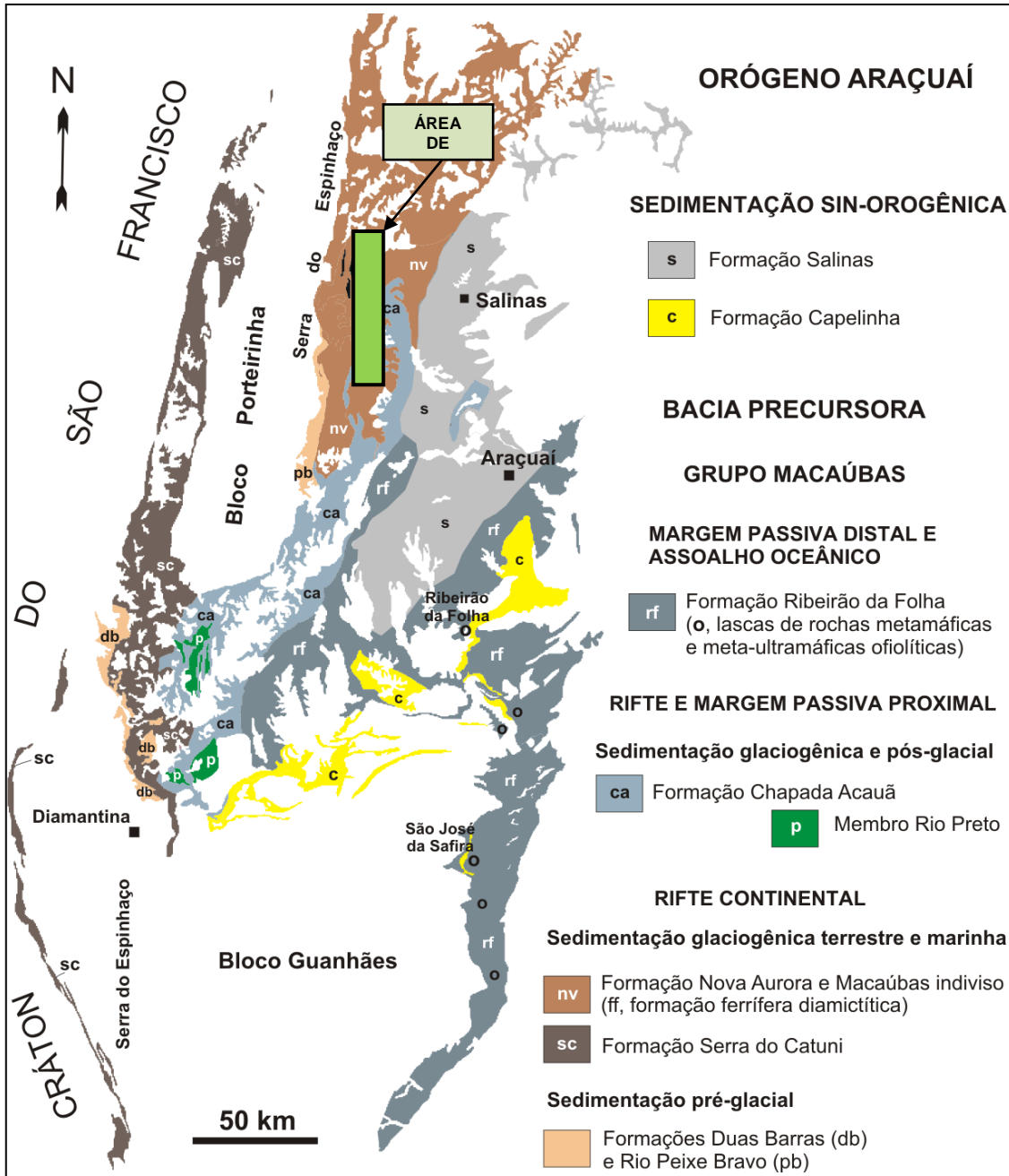
Após o início da sedimentação das formações Duas Barras e Rio Peixe Bravo instalou-se um amplo período glaciogênico, de expressão mundial, como registrado em sedimentos do tipo Rapitan no Canadá, Austrália e Namíbia, dentre outros locais, e que, no Orógeno Araçuaí, é representado pelas unidades superiores do Grupo Macaúbas, correspondente às formações Serra do Catuni, Nova Aurora e Chapada Acauã, esta última parcialmente pós-glaciogênica.

A Formação Serra do Catuni representa o início da sedimentação em período glacial, sendo constituída por metadiamicititos maciços com intercalações esparsas de metarenitos e metapelitos (que, em alguns casos, corresponderiam a varvitos). Sua deposição teria ocorrido em ambiente glácio-terrestre transicional até glácio-marinho. Dados U-Pb SHRIMP de zircões detriticos balizam a idade máxima de deposição da Formação Serra do Catuni em  $933 \pm 9$  Ma (Babinski *et al.* 2007).

Com a evolução da bacia Macaúbas, a sedimentação glácio-marinha se tornou progressivamente mais intensa, com deposição de espessas camadas de diamicititos, que correspondem ao litotipo principal das formações Nova Aurora e Chapada Acauã (Figura 7.6).

Destaca-se aqui que, dentre as diversas unidades que compõem o Grupo Macaúbas, somente as formações Nova Aurora e Chapada Acauã inserem-se no contexto do complexo minerário e da adutora do Projeto Vale do Rio Pardo, da Sul Americana de Metais S/A. Ressalta-se, contudo, que também se fazem presentes na região coberturas terci-quadernárias de origem detrito-laterítica e depósitos aluvionares recentes, constituídos por sedimentos arenosos, com níveis de cascalho concentrados principalmente nos vales dos maiores rios da região (Vacaria, Itacambirucu e Jequitinhonha).

**FIGURA 7.5 - Formações do Grupo Macaúbas e localização da área de estudo, englobando o complexo minerário e a adutora**



Fonte: Modificado de Pedrosa Soares et al. 2010.

## **Formação Nova Aurora**

A Formação Nova Aurora pode ser correlacionada distalmente com a Formação Serra do Catuni e considerada como uma equivalente lateral da porção basal da Formação Chapada Acauã (Pedrosa-Soares *et al.* 2010; Vilela 2010). É composta principalmente por metadiamicritos, com intercalações de quartzitos e filitos, além de camadas ferruginosas com metadiamicrito hematítico e raro filito hematítico (Viveiros *et al.* 1978; Vilela 2010). Essa unidade estende-se desde o limite norte da faixa de ocorrência do Grupo Macaúbas até a área a sul de Cristália.

Apesar do litotipo dominante ser o metadiamicrito, assim como na Formação Serra do Catuni, a Formação Nova Aurora distingue-se por apresentar horizontes ferríferos, refletindo importante variação faciológica. Esses horizontes ferruginosos, individualizados como Membro Riacho Poções (Viveiros *et al.* 1978), localmente encerram depósitos de minério de ferro de volume muito expressivo, como ocorre nos direitos minerários da SAM.

Viveiros *et al.* (1978) consideraram o Membro Riacho Poções como um nível único que se repete por dobramento. Entretanto, a interpretação mais provável é que exista mais de um horizonte ferruginoso, mostrando uma recorrência dos processos de aporte de ferro na bacia de sedimentação, conforme indicado por Mourão & Grossi-Sad (1997), que interpretam o Membro Riacho Poções como formado por dois horizontes hematíticos principais que se mostram dobrados, um deles em sinclinal e anticlinal e outro, em braquissinclinal. Essa hipótese é reforçada pela presença de horizontes ricos em ferro, tanto na formação basal, Rio Peixe Bravo, como na Formação Chapada Acauã. Em termos litológicos, o Membro Riacho das Poções encerra metadiamicritos com matriz rica em hematita, com intercalações de quartzitos e filitos hematíticos.

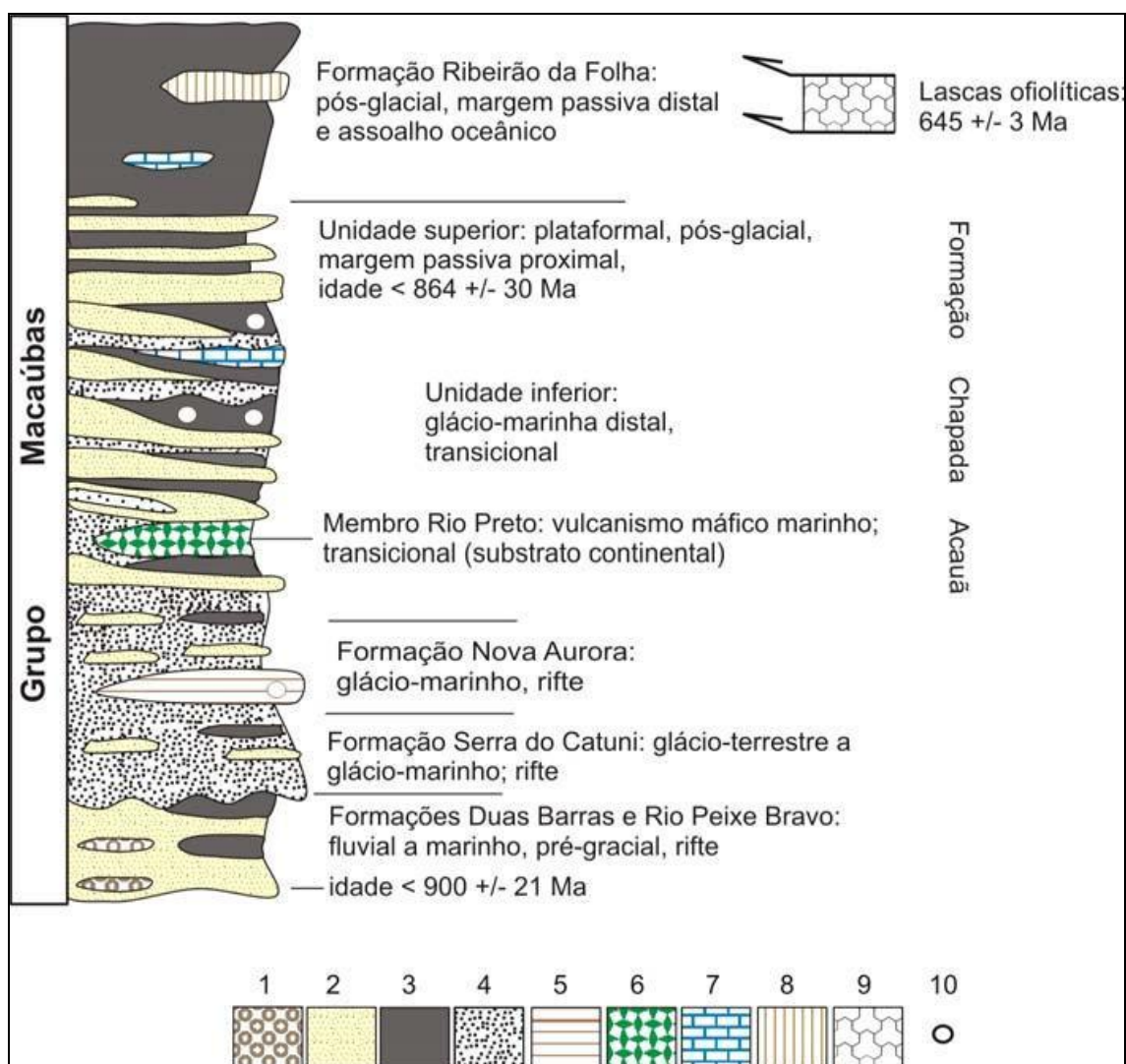
A espessura estimada para a Formação Nova Aurora é da ordem de 1000 a 2000 m, podendo atingir 3000 m (Mourão *et al.* 1996). O membro Riacho Poções, individualmente, possui espessura média estimada em cerca de 600 m (Viveiros *et al.* 1979). No Bloco 8, que constitui a zona mineralizada de interesse para o presente estudo, possui espessura próxima a 300 metros, considerando-se para essa determinação o teor de corte hoje considerado econômica e tecnicamente viável de ser explorado.

A Formação Nova Aurora grada lateralmente para a Formação Chapada Acauã, que aflora mais ao sul. Entretanto, considera-se que esta última é uma unidade estratigráfica que se sobrepõe à Formação Nova Aurora, que por sua vez se posiciona estratigraficamente acima dos metadiamicritos da Formação Serra do Catuni. Em função disso, acredita-se que a Formação Nova Aurora represente um segundo nível clástico descontínuo de diamicritos na bacia Macaúbas, representando a passagem de ambiente transicional glácio-terrestre / glácio-marinho a exclusivamente glácio-marinho (Pedrosa Soares *et al.* 2007). Essa recorrência de diamicritos em níveis estratigráficos diferentes é fruto de processos sedimentares gerados por movimentações tectônicas extensionais na borda da bacia neoproterozóica.



A deposição das unidades glaciogênicas durante a fase rifte da bacia Macaúbas e a composição dos seixos e da matriz sugerem fontes sedimentares localizadas em ombreiras e *horsts* que expuseram à erosão a espessa pilha magmática associada ao rifte situado na Faixa Congo Ocidental (Tack *et al.* 2001; Pedrosa-Soares *et al.* 2008) (Figura 7.6).

**FIGURA 7.6 - Coluna estratigráfica esquemática e sintética do Grupo Macaúbas**



**Legenda:** (1 - metaconglomerados; 2 - metarenitos; 3 - metapelitos; 4 - metadiamicritos; 5 - metadiamicritos com ferro; 6 - metabasalto; 7 - mármore; 8 - rochas sedimentares químico-exalativas metamorfisadas (metachert sulfetado, formações ferríferas, sulfeto maciço); 9 - rochas metamáficas e metaultramáficas ofiolíticas; 10 - seixo ou bloco isolado (pingado). As idades referidas foram obtidas pelo método U-Pb em zircão) **Fonte:** modificado de Pedrosa-Soares *et al.* 2007.

### **Formação Chapada Acauã**

Sobrejacente à Formação Nova Aurora encontra-se, no setor oriental, onde se localiza o empreendimento da SAM, a Formação Chapada Acauã. Para leste, a Formação Chapada Acauã passa lateral e verticalmente para a Formação Salinas, conforme descrito por Mourão & Pedrosa-Soares (1991).

A Formação Chapada Acauã é subdividida em dois membros. O membro inferior, denominado Rio Preto, situa-se a sudoeste da área de estudo, fora do contexto do empreendimento. Corresponde a uma pilha de metadiamicititos com intercalações de xistos verdes de origem vulcânica, os quais preservam localmente estrutura almofadada e outras evidências de derrames submarinos.

A composição isotópica Sm-Nd dos xistos verdes indica que os protólitos correspondem a basaltos e que esses teriam atravessado a crosta continental antes de sua deposição (Uhlein 1991; CPRM-CODEMIG 2003; Gradim *et al.* 2005).

O membro superior da Formação Chapada Acauã, denominado Membro Mato Grande, é estritamente sedimentar com origem tardi a pós-glacial, tendo sido depositado em ambiente plataformar de margem passiva proximal. Os principais litotipos que o constitui (arenitos e pelitos) definem uma sucessão cíclica de intercalações de diamicititos, turbiditos arenosos e pelitos, com pelo menos uma espessa lente de calcário dolomítico no topo (Mourão & Pedrosa-Soares 1992; Pedrosa-Soares *et al.* 1992; Grossi-Sad *et al.* 1997; Noce *et al.* 1997; Pedrosa-Soares & Grossi-Sad 1997; Martins 2006).

#### **7.2.2.1.2 - Geologia do Complexo Minerário e Adutora**

A análise dos mapas geológicos do Projeto Espinhaço (COMIG 1996), folhas Padre Carvalho (SE.23-X-B-II) e Grão Mogol (Folha SE.23-Y-B-V), desenvolvidos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), permite a contextualização geológica regional da área de estudo, uma vez que foram elaborados na escala de 1:100.000. Toda a área do complexo minerário e uma grande porção da adutora se inserem no contexto geológico da folha Padre Carvalho, enquanto apenas uma pequena parte da adutora insere-se na folha Grão Mogol. A seguir será feita uma caracterização geológica regional com base nos mapas da COMIG (1996).

A área onde será instalado o complexo minerário se encontra, em sua totalidade, na Formação Nova Aurora com presença de coberturas detrítico coluvionares em superfícies de aplainamento que datam do Terciário e do Quaternário. Já a adutora será instalada sobre rochas das formações Nova Aurora e Chapada Acauã, com amplas coberturas detrítico-aluvionares e sedimentos areno-silto-argilosos, que recobrem uma pequena parte da Formação Chapada Acauã.

A seguir será feita uma descrição regional, com base nos estudos do Projeto Espinhaço, das áreas que essas estruturas (complexo minerário e adutora) serão instaladas (Figura 7.7).

### **Complexo minerário e adutora**

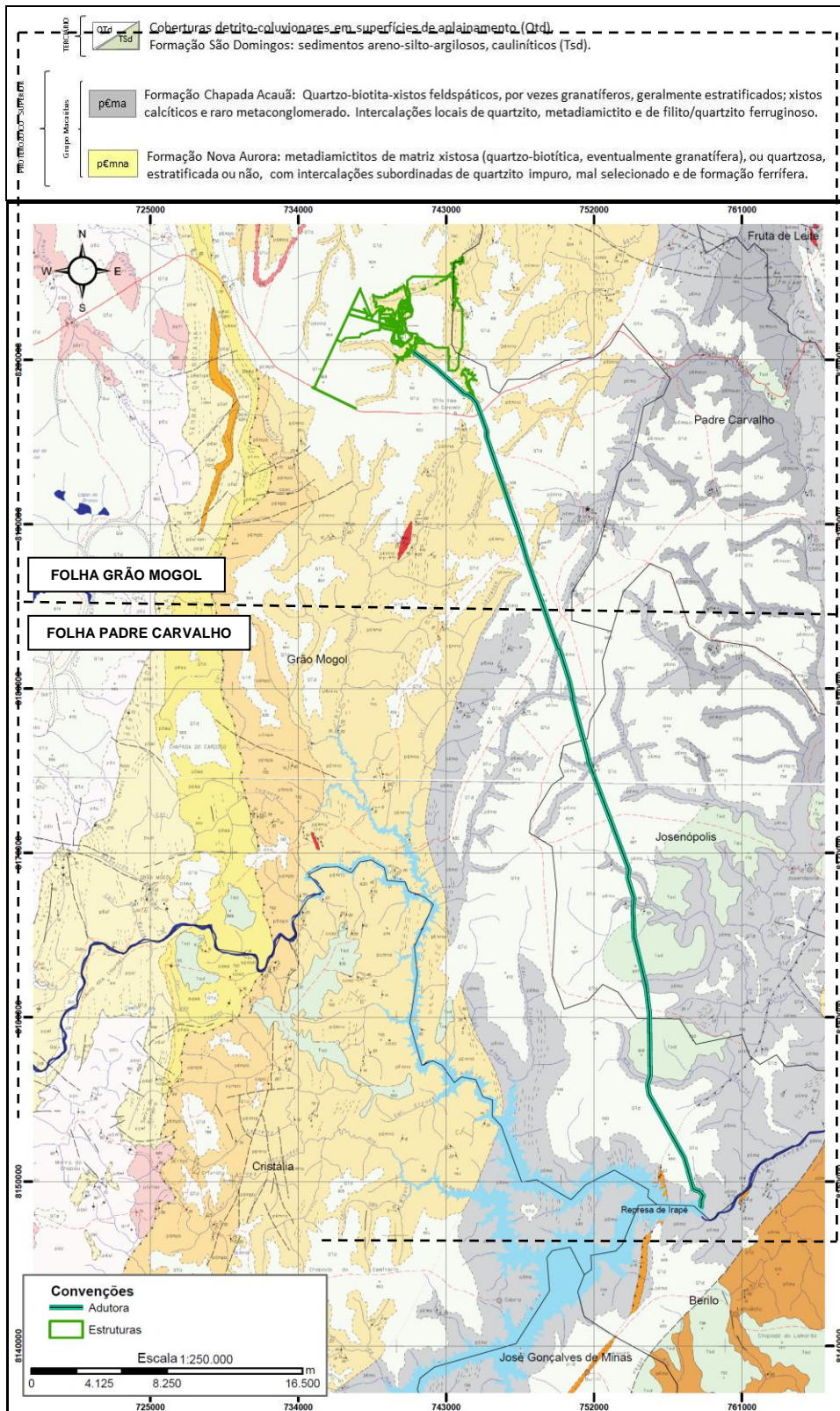
A Formação Nova Aurora, a qual é interceptada por parte do eixo da adutora e pelo complexo minerário em sua totalidade, representa a unidade de maior extensão na Folha Grão Mogol (COMIG 1996). Distribui-se na porção central da folha, ocupando cerca de 35% de sua área. É constituída predominantemente por metadiamicititos, com intercalações de quartzitos, filitos e quartzo-mica xistos. Apresenta horizontes enriquecidos em ferro, que foram individualizados como *Membro Riacho das Poções* (Viveiros *et al.* 1978).

Os metadiamicititos são encontrados frequentemente semidecompostos a decompostos, exibindo tonalidades variando de marrom a rosa. A matriz dos metadiamicititos é constituída por quartzo, biotita, moscovita, carbonato, feldspato, minerais opacos ocasionais e rara granada.

A Formação Chapada Acauã, interceptada por parte do eixo da adutora, a partir da Barragem de Irapé, distribui-se na porção oriental da Folha Padre Carvalho (COMIG 1996). É constituída de filito, metassilito, metadiamicitito, quartzito e quartzo-biotita xisto. Intercalações centimétricas a métricas de quartzito podem ocorrer nos litotipos pelíticos e psefíticos. Devido ao predomínio de determinados litotipos em porções distintas na faixa de exposição da Formação Chapada Acauã, esta pode ser dividida em membros, informalmente designados de *Filítico*, *Metadiamicítico-Quartzítico* e *Xistoso-Quartzítico*. No mapa geológico da adutora distinguiu-se o Membro Filítico, enquanto os outros membros permaneceram agrupados e indistintos dentro do contexto da Formação Chapada Acauã.

Sobrepostas à Formação Nova Aurora e à Formação Chapada Acauã, de forma descontínua e com espessuras variáveis, ocorrem coberturas detrito-coluvionares, geralmente associadas às superfícies de aplainamento. Adicionalmente, na porção inicial do eixo da adutora partindo-se da Barragem de Irapé, foi descrita a Formação Domingas, caracterizada por sedimentos areno-silto-argilosos, localmente cauliníticos, de pequena espessura.

**FIGURA 7.7 - Geologia regional da Adutora e Complexo Minerário**



Fonte: Modificado das folhas Grão Mogol e Padre Carvalho - COMIG 1996.

## **7.3 - Geologia Local (Complexo Minerário)**

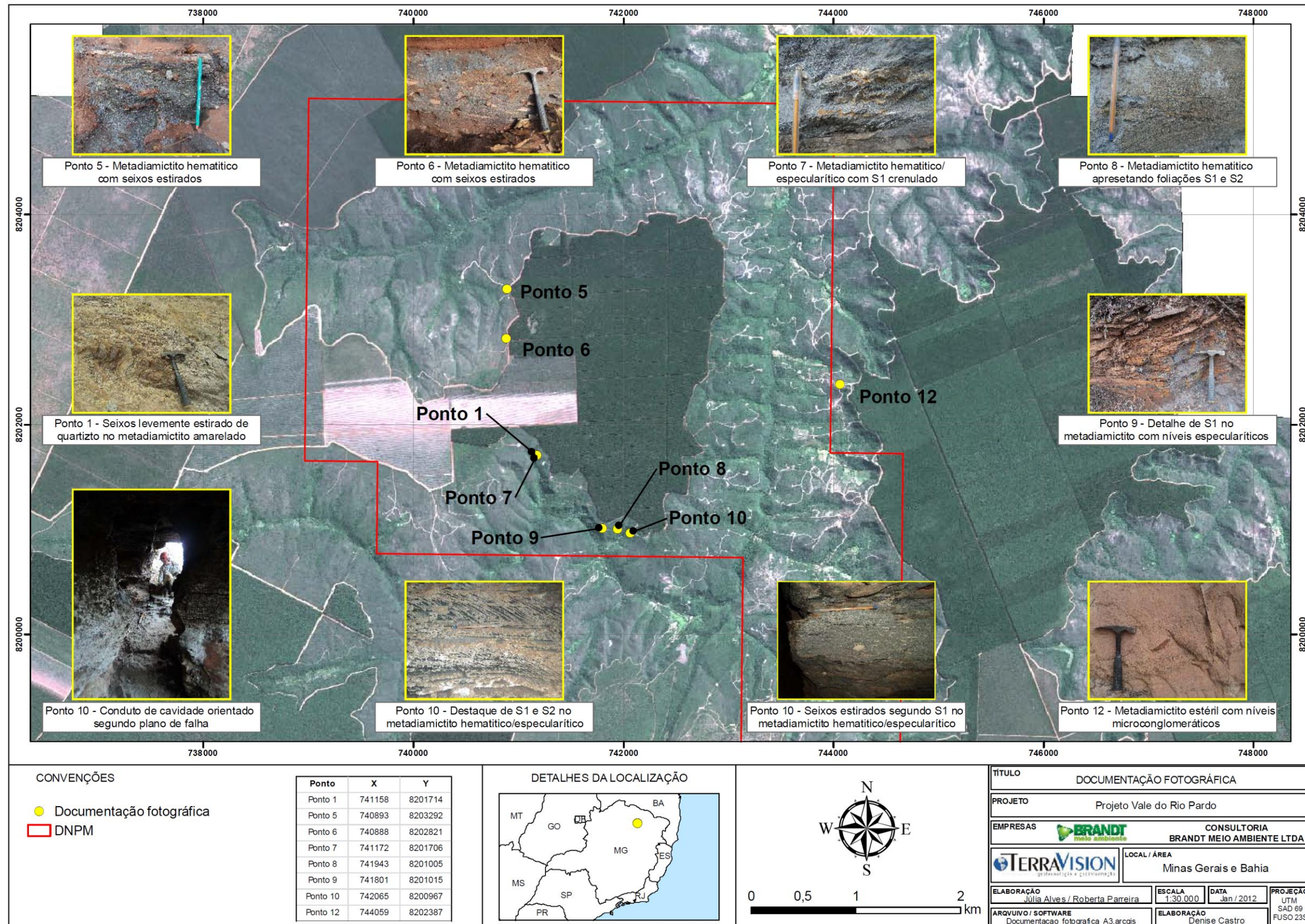
### **7.3.1 - Introdução**

Este item contempla a caracterização geológica do complexo minerário da SAM, localizado no município de Grão Mogol (MG), próximo à localidade do Vale das Cancelas e à BR-251, que liga Montes Claros a Salinas.

A área, que abrigará a cava principal, a barragem de rejeito, a usina de tratamento de minério, a barragem pulmão de água industrial e para consumo humano, as oficinas e outras estruturas, caracteriza-se geologicamente pela presença de metadiamiclitos mineralizados em ferro ou estéreis, com lentes de quartzitos, filitos e xistos subordinados, amplamente recobertos por solos, cangas e colúvios (Figura 7.8 - Documentação Fotográfica do Complexo Minerário).



**FIGURA 7.8 - Mapa de documentação fotográfica da área do Complexo Minerário**







### 7.3.2 - Caracterização da área

A área do complexo minerário encontra-se no domínio de grandes chapadas e, por isto, apresenta, em sua maior parte, relevo plano, localmente dissecado por vales íngremes de drenagens perenes e intermitentes, nas quais ocorre a grande maioria dos afloramentos. Essas chapadas são em sua maioria ocupadas por extensos eucaliptais.

O córrego Lamarão, principal canal de drenagem da área, nasce na porção SW da área, segue encaixado na direção WSW-ENE, inflete para SSW-NNE, para NW-SE e então corre no sentido S-N, onde permanece encaixado. Seu principal afluente, na porção sudeste da área, é o córrego do Vale, de direção SE-NW e que se encontra encaixado em um vale profundo, estreito e escarpado. Na porção sudoeste da área encontram-se os afluentes Córrego Capão do Meio e Córrego do Onça, que correm de oeste para leste e, a norte, o Córrego Mundo Novo, também correndo de oeste para leste.

Geologicamente, a área mapeada compreende metadiamiclitos intercalados por quartzitos, filitos e quartzo-mica xistos, geralmente sobrepostos por coberturas neógenas e paleógenas, os quais serão descritas adiante. Os metadiamiclitos apresentam horizontes enriquecidos em ferro, unidade esta denominada Membro Riacho Poções da Formação Nova Aurora, Grupo Macaúbas (Viveiros *et al.* 1978).

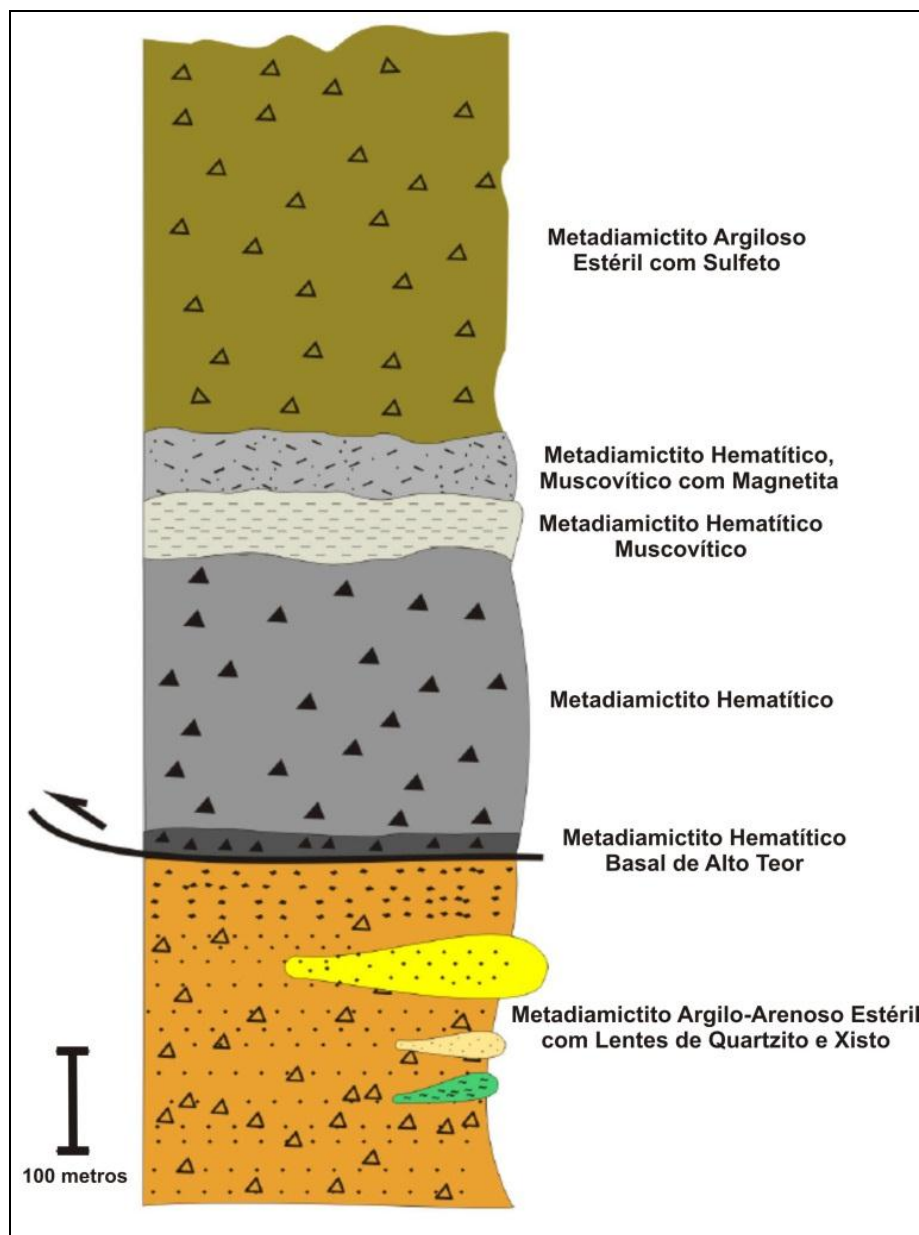
### 7.3.3 - Litologias

A caracterização geológica da área do complexo minerário ora apresentada baseia-se em detalhado mapeamento geológico e estrutural desenvolvido pela SAM, com 1500 pontos geológicos descritos, o qual resultou no mapa geológico do complexo minerário na escala 1:10.000, apresentado no Anexo 07 (Mapa Litológico Local - Complexo Minerário). Destaca-se que a caracterização geológica foi suportada por ampla descrição de testemunhos de sondagem (>65.000 metros), estudos petrográficos, caracterização mineral, análises químicas e uso de métodos indiretos, inclusive magnetometria terrestre e IP.

Com base nos estudos acima, possibilitou-se definir a estratigrafia da área da mina e arredores, a qual é apresentada na coluna estratigráfica da figura 7.9. A descrição dos litotipos apresentados no presente relatório baseou-se assim nos estudos prévios realizados pela SAM e buscaram caracterizar os principais aspectos geológicos do empreendimento.

Para caracterização das coberturas neógenas e paleógenas utilizou-se o estudo realizado pela Brandt Meio Ambiente, adaptado a partir dos levantamentos de campo da SAM, a qual desenvolveu o estudo pedológico local (Anexo 08 - Mapa Pedológico Local - Complexo Minerário). A apresentação do mapa pedológico busca principalmente contextualizar as coberturas, tanto devido à sua ampla área de ocorrência quanto ao seu importante papel na fase de implantação e operação do empreendimento, principalmente no que diz respeito ao aspecto ambiental.

**FIGURA 7.9 - Coluna estratigráfica da área investigada proposta pela SAM**



### a) Metadiamicrito estéril

Os metadiamicritos estéreis constituem a unidade encaixante da mineralização do Bloco 8 da SAM e, até onde se conhece, de todo o Grupo Macaúbas no norte de Minas Gerais.

As unidades de diamictitos estéreis de base e topo, indistintamente, são areno-argilosos e apresentam lentes métricas de quartzitos, filitos e xistos. A unidade de base apresenta, próximo ao contato, enriquecimento em manganês, enquanto a de topo, por sua vez, apresenta traços de sulfetos (pirita, pirrotita e raríssima calcopirita).

A coloração dos diamictitos estéreis varia de amarela a vermelha, devido à intensidade do intemperismo químico, e para cinza, de acordo com sua composição mineralógica.

Os metadiamictitos estéreis são caracterizados por matriz fina a média composta predominantemente por grãos de quartzo com muscovita, clorita e biotita subordinados, podendo predominar qualquer um dos três filossilicatos, além de carbonato (geralmente decomposto), epidoto, feldspato, apatita, turmalina e granada em quantidades traço. Os clastos são suportados pela matriz e têm dimensões variadas, desde milimétricos até submétricos, sendo compostos principalmente por quartzitos, quartzo, xistos, granitóides e rochas carbonáticas (Foto 7.1A).

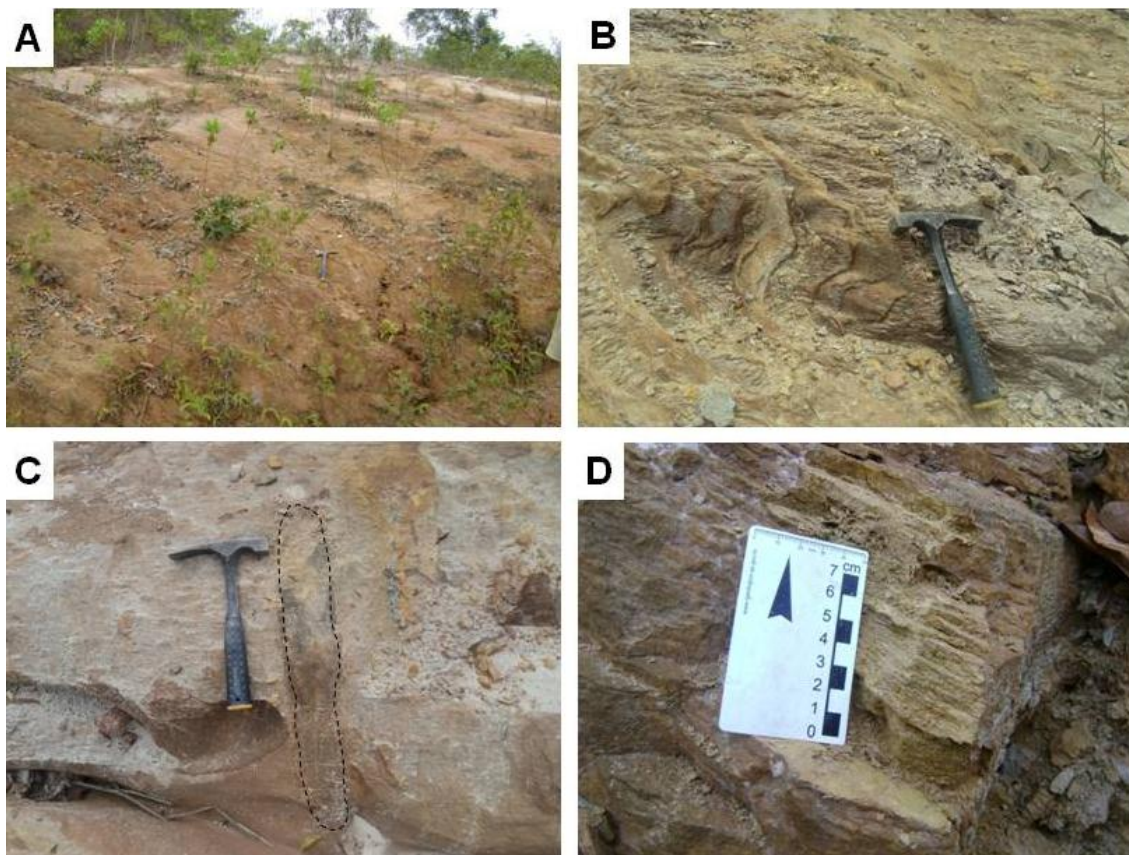
Os clastos se encontram, em geral, estirados segundo o plano da foliação S1, embora possam ocorrer dispostos obliquamente ao plano da foliação (Foto 7.1B, C e D). Ocasionalmente ocorrem cristais de magnetita nos planos de foliação (Foto 7.2), sendo em geral resultantes de recristalização metamórfica.

Hematita e subordinadamente magnetita ocorrem com mais frequência na unidade de diamictitos estéreis superior, sendo que sua quantidade diminui para o topo. De qualquer forma, sua ocorrência é bastante limitada, o que permite defini-la como inviável economicamente de ser explorada com os métodos atuais e, portanto, é definida como estéril.

Os sulfetos presentes na unidade superior ocorrem em geral em fraturas milimétricas, em quantidades traço. Representam, geologicamente, um ambiente mais redutor em relação à unidade mineralizada, na qual predomina a hematita. Em testemunhos de sondagem, em raríssimos intervalos observou-se a recristalização dos sulfetos, tornando sua granulometria mais grossa (<1 mm). Devido à presença desses sulfetos, ainda que em quantidades traço, optou-se pela realização do estudo de potencial de drenagem ácida, apresentado no presente EIA.

Por sua vez, o manganês que ocorre na unidade inferior é tipicamente de remobilização, ocorrendo em fraturas e em pequenas quantidades. Não apresenta assim qualquer interesse econômico ou aspectos ambientais relevantes.

Lentes de quartzito e xisto são verificadas nessa litologia. Os quartzitos são levemente ferruginosos, amarelados a branco-acinzentados e exibem níveis milimétricos a centimétricos mais ferruginosos e níveis conglomeráticos. Tanto no metadiamictito quanto nas lentes de quartzito ocorrem comumente veios de quartzo (Foto 7.3).



**Foto 7.1 - A) Aspecto geral do afloramento do metadiamicrito estéril; B) Foliação S1 dobrada e crenulada; C) Detalhe de clasto de xisto (?) no metadiamicrito estéril; D) Detalhe da foliação S1.**



Foto 7.2 - Detalhe do metadiamictito estéril com magnetita disposta no plano da foliação S1.

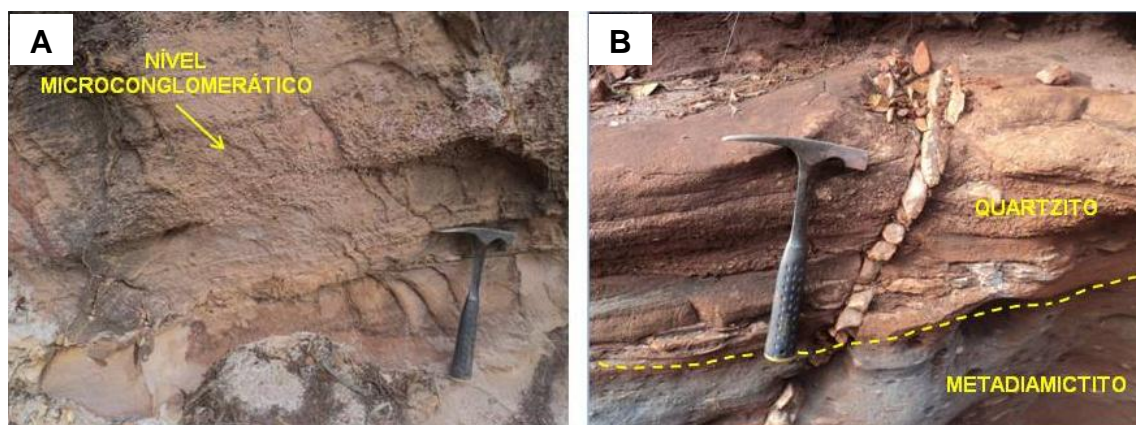


Foto 7.3 - A) Quartzito com nível microconglomerático; B) Contato entre lente de quartzito e metadiamictito e presença de veio de quartzo.

Estudos petrográficos realizados por Vilela (2010) indicam que o quartzo apresenta-se recristalizado, com formas poligonais, estando os menores cristais mais afetados e os maiores podendo apresentar algumas características sedimentares, como, por exemplo, formas arredondadas a elipsoidais, estas como resultado da deformação e orientados segundo a foliação principal S1.

Os filossilicatos (muscovita, clorita e biotita) tem hábito fibroso a ripiforme, definem a foliação e envolvem os demais cristais da matriz e clastos.

O carbonato da matriz é na maior parte das vezes metamórfico, com formas poligonais, e geralmente está orientado segundo a foliação S1. Alguns poucos cristais de carbonato, vistos na matriz, tem características detríticas, mas clastos de carbonato tamanho grânulo e seixo são comumente encontrados em amostras de testemunho e em afloramento.

O feldspato (predominando plagioclásio sobre feldspato potássico) é, via de regra, detrítico, ainda com formas arredondadas bem preservadas, embora ligeiramente estirada, e bordas sinuosas. A maior parte dos cristais está fraturada.

Os minerais acessórios da matriz são epidoto, apatita e turmalina. O epidoto, de origem metamórfica, está sempre estirado e envolto por muscovita fibrosa. A apatita, detrítica, se apresenta em grãos arredondados e fraturados. Apatita metamórfica é rara e quando ocorre tem hábito prismático, com seção basal hexagonal euédrica e orientação segundo a foliação S1. A turmalina, também de origem detrítica, tem formas arredondadas e encontra-se na porção mais fina da matriz.

Quando prevalece clorita e biotita em relação à muscovita, o metadiamicrito é verde e existe uma tendência à presença de sulfetos (pirita, pirrotita e raramente calcopirita finas, mas podendo alcançar até 2 mm de comprimento, em zonas de maior recristalização) disseminados na matriz e estirados segundo a foliação S1. Ocorrem ainda, de maneira restrita, porfiroblastos de granada que chegam a ter mais de 1 mm de diâmetro.

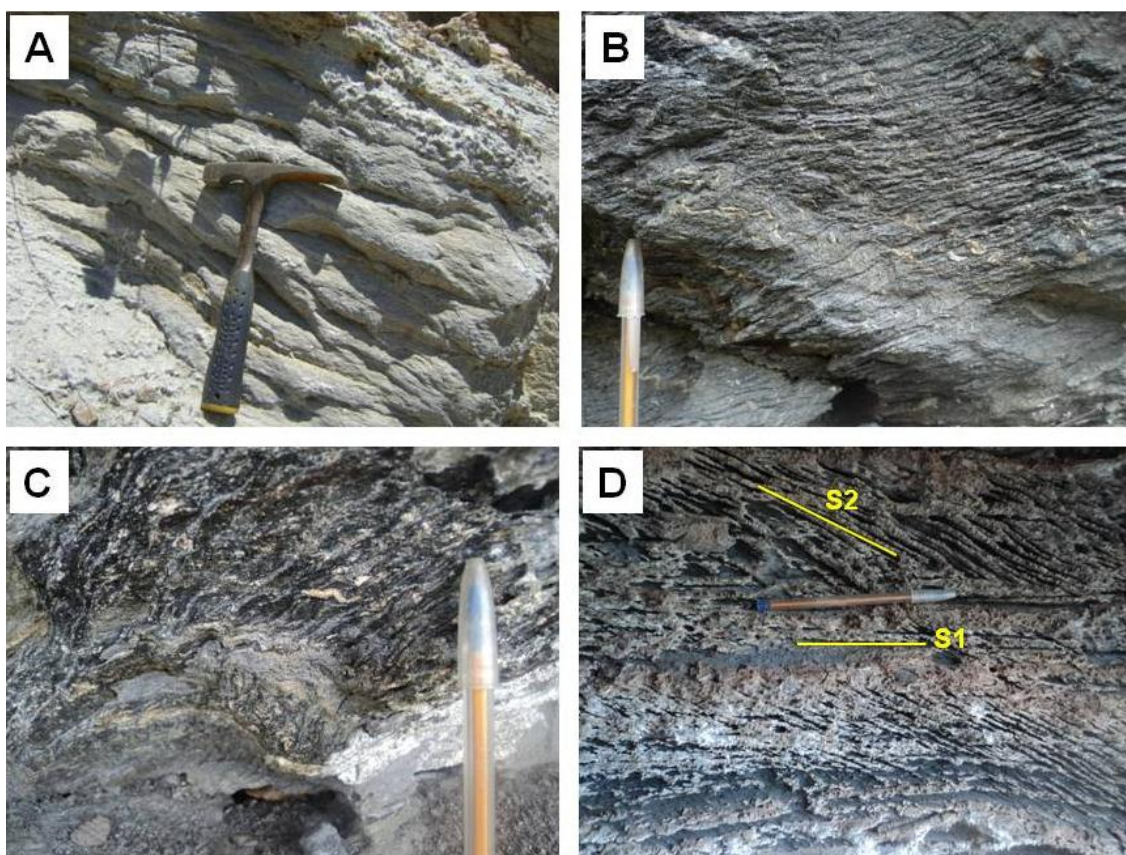
## **b) Metadiamicrito hematítico**

No mapeamento geológico do Bloco 8 foi possível identificar três tipos de metadiamicritos mineralizados: metadiamicrito hematítico, metadiamicrito hematítico muscovítico e metadiamicrito hematítico muscovítico com magnetita subordinada, os quais são descritos a seguir. Em todas elas a hematita, predominantemente especular e subordinadamente granular, ocorre na matriz da rocha, tendendo a se encontrar estirada segundo o plano de foliação S1. A hematita fina e as micas orientam-se de forma anastomosada, envolvendo os grãos de quartzo, feldspato e carbonato da matriz.

O metadiamicrito hematítico apresenta variação de 20 a 60% na quantidade de hematita presente na matriz, sendo que abaixo desse mínimo é considerado estéril. Goethita ocorre de forma subordinada na parte superior do perfil, sendo resultante do intemperismo tanto sobre a hematita quanto sobre a magnetita.

Por isso, sua cor varia de cinza claro, quando a rocha é pobre em hematita (Foto 7.4 A), a cada vez mais escuro, à medida que o conteúdo de hematita cresce (Foto 7.4 B). Essa variação é observada tanto em afloramentos como em furos de sonda.

A matriz do metadiamicrito hematítico possui textura similar à do metadiamicrito estéril, com exceção da presença de hematita e subordinadamente magnetita granulares finas, orientadas segundo a foliação S1, e hematita especular, concentrada principalmente no plano da foliação principal, mas também remobilizada no plano da foliação S2 (Foto 7.4 C e D).



**Foto 7.4 - A) Metadiamiccito pobre em hematita; B) Metadiamiccito rico em hematita; C) Hematita especular concentrada nos planos de S1 e S2; D) Detalhe de S1 e S2.**

Segundo Vilela (2010), a magnetita ocorre desde parcial até completamente martitizadas, havendo dois tipos principais desse mineral, uma porfiroblástica, encontrada nas bandas de hematita especular, e outra porfiroblástica, disseminada pela matriz. O conteúdo de magnetita, em relação ao total da rocha, é na média menor que 1%.

A magnetita porfiroclástica ocorre nas bandas de hematita especular, encontrando-se deformada e rotacionada e tendo textura subgranular, o que indica ter origem anterior ao evento deformacional que gerou a foliação S1. Por sua vez, a magnetita porfiroblástica, disseminada na matriz, é subédrica e está intercrescida na foliação, onde pode se apresentar rotacionada. Hematita e muscovita ocorrem em concentrações inversamente proporcionais.

Em afloramentos onde predomina a hematita em detrimento à maior concentração de muscovita, podem ocorrer concentrações desse óxido de ferro com maior remobilização para os planos da foliação S2, sem, contudo, afetar o envoltório da mineralização, a qual é determinada pela foliação S1. Nesses casos, a rocha adquire um bandamento metamórfico discordante de S1 (Foto 7.4). Nos afloramentos onde a quantidade de hematita é menor, a crenulação S2 é bem marcada devido à presença de lentes ricas em argilominerais.

No complexo minerário pode-se observar diminuição na quantidade de hematita de oeste para leste e da base para o topo do pacote mineralizado. Localmente, nos afloramentos da margem direita do Córrego Lamarão, nas partes NE e E desse bloco, e às margens do Córrego do Vale, o metadiamicrito hematítico possui magnetismo forte, devido à presença de cristais de magnetita com até 1 mm.

Quando observado em furos de sonda, o metadiamicrito hematítico é mais compacto e duro do que se mostra em afloramento, porém pode ainda ser considerado como menos duro do que as típicas formações ferríferas bandadas que ocorrem em outras partes do país e do mundo. Ainda em testemunhos de sondagem, os clastos de rocha carbonática reagem mais facilmente com ácido clorídrico, mas os minerais da matriz permanecem iguais às amostras de superfície.

O contato do metadiamicrito mineralizado com a unidade estéril da base é tectônico, marcado por intensa zona de cisalhamento, a qual gera um pacote de milonitos enriquecidos em minerais de ferro, especialmente hematita especular. Nessa zona são observados os maiores teores de Ferro, situação que se repete em toda a região.

Entre a unidade mineralizada e os metadiamicritos estéreis de topo o contato é transicional, ocorrendo progressiva diminuição da quantidade de hematita na rocha. No caso do Bloco 8, o contato entre as unidades foi definido pela economicidade da lavra, situação que pode se alterar de acordo com a evolução dos estudos de beneficiamento mineral e outras razões econômicas, inclusive preço do minério. Considera-se, assim, atualmente, um teor de 14% Fe como limitante entre as duas unidades, o que corresponderia a um total de aproximadamente 20% de hematita na rocha.

Verticalmente, o intemperismo físico e químico provocou sobre os metadiamicritos mineralizados sua decomposição, resultando em rochas mais friáveis próximas à superfície (metadiamicritos hematíticos friáveis - DHF), evoluindo para rochas semicompactas imediatamente abaixo (metadiamicritos hematíticos semicompactos - DHS) e então para os chamados metadiamicritos compactos (metadiamicritos hematíticos compactos - DHC).

Associado à decomposição dos metadiamicritos ocorre também a lixiviação dos minerais quimicamente sujeitos à lixiviação, como é o caso da apatita. Conseqüentemente, verticalmente em direção ao topo ocorre uma diminuição do teor de fósforo no minério, consideração importante em termos de beneficiamento mineral.

### **c) Coberturas neógenas e paleógenas**

As coberturas identificadas na área correspondem a cangas lateríticas, latossolos As coberturas identificadas na área correspondem a cangas lateríticas, latossolos argilosos vermelhos, latossolos vermelho-amarelos areno-argilosos e cambissolos háplicos, os quais se correlacionam à cota topográfica de ocorrência e ao relevo em que se inserem.

Os latossolos vermelhos são encontrados nas chapadas que recobrem principalmente os diamicritos mineralizados e apresentam espessura variável entre 2 e 30 m.



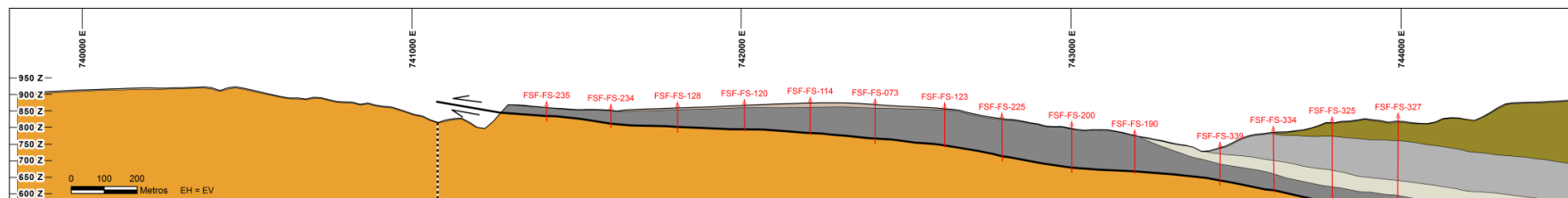
Os latossolos vermelho-amarelos areno-argilosos se encontram em áreas de relevo mais ondulado e, principalmente, nos locais onde os litotipos não contêm hematita, o que acontece no extremo leste da área estudada.

Os cambissolos háplicos são rasos e predominam nas regiões dos vales dos córregos Lamarão e Mundo Novo, onde o relevo é escarpado e as cotas são relativamente mais baixas que as das chapadas. Nessas porções geralmente ocorrem coberturas de colúvios compostos de fragmentos de canga oriundos das chapadas e quartzo leitosos e angulosos.

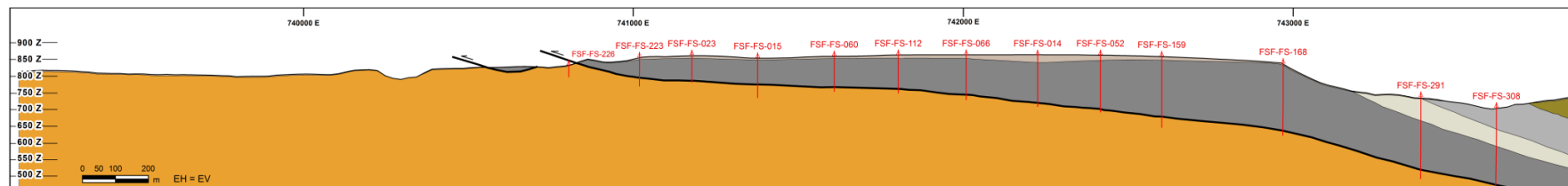
As cangas lateríticas ocorrem de forma descontínua na área em questão e sua presença se concentra principalmente nas quebras do relevo, como por exemplo nas bordas das chapadas, em tornos da cota de 900 m.

Para melhor entendimento da estratigrafia e representação dos litotipos descritos em subsuperfície são apresentados quatro perfis geológicos, sendo dois de direção E-W (A-B e C-D) e dois N-S (E-F e G-H), os quais se encontram inseridos também no mapa litológico do complexo minerário (Anexo 07). Ressalta-se que as coberturas neógenas e paleógenas não foram individualizadas nos perfis em função da escala de apresentação (Figuras 7.10, 7.11, 7.12 e 7.13).

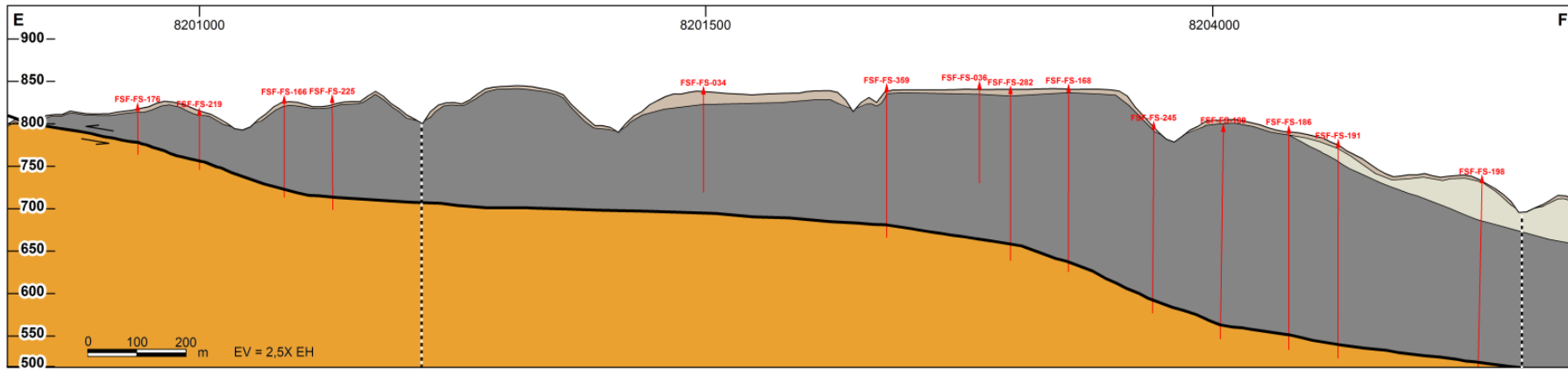
**FIGURA 7.10 - Perfil geológico A-B**



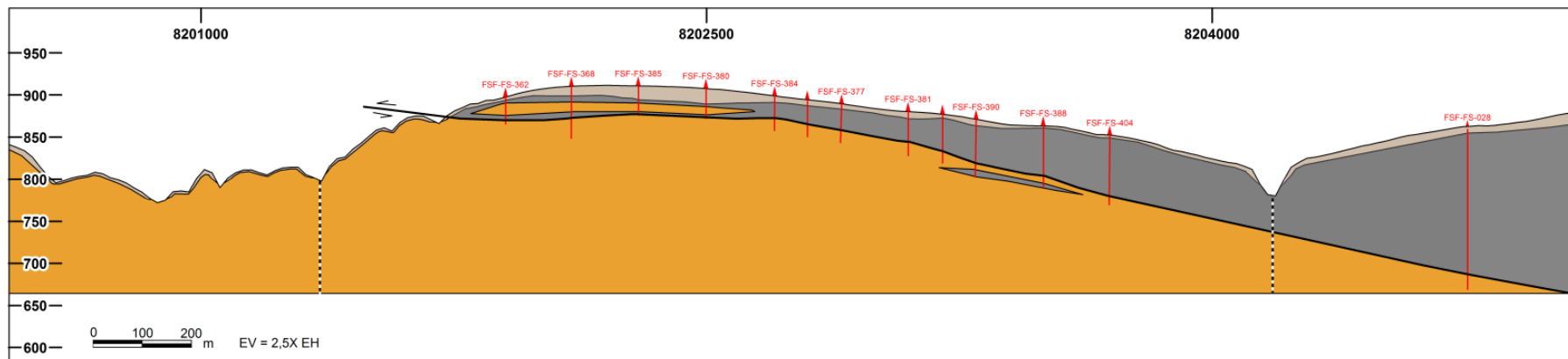
**FIGURA 7.11 - Perfil geológico C-D**



**FIGURA 7.12 - Perfil geológico E-F**



**FIGURA 7.13 - Perfil geológico G-H**



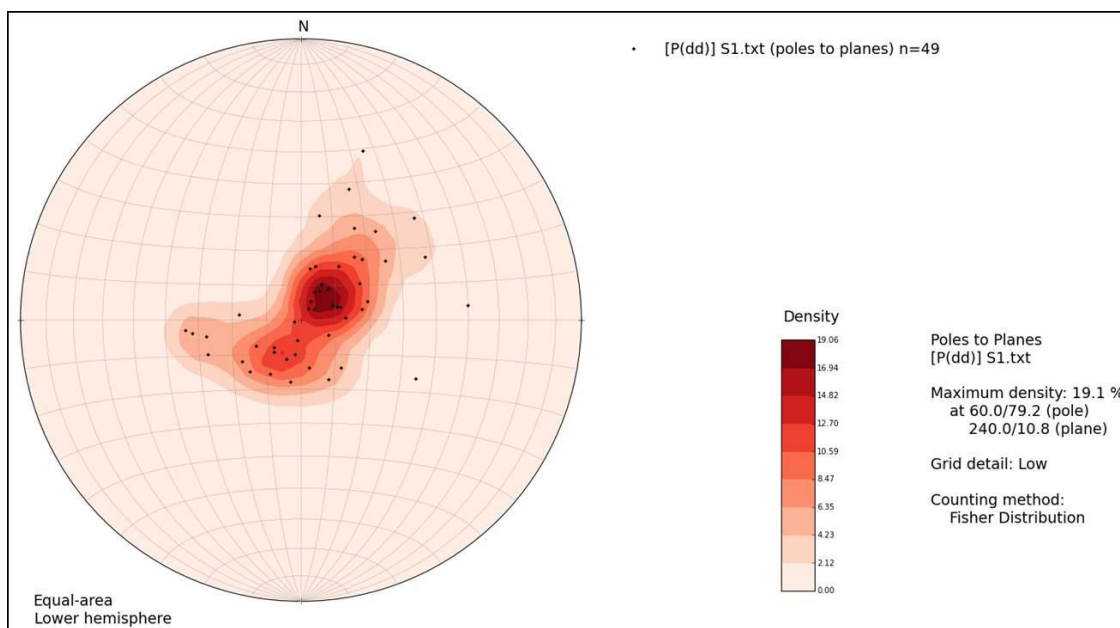
### 7.3.4 - Aspectos estruturais

Na área do complexo minerário foram reconhecidas três fases deformacionais: D1, D2 e D3, equivalentes às fases encontradas regionalmente.

A fase D1 é marcada pela foliação principal S1 de baixo ângulo e resulta de empurrões com vergência para oeste que provocaram o fechamento do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental.

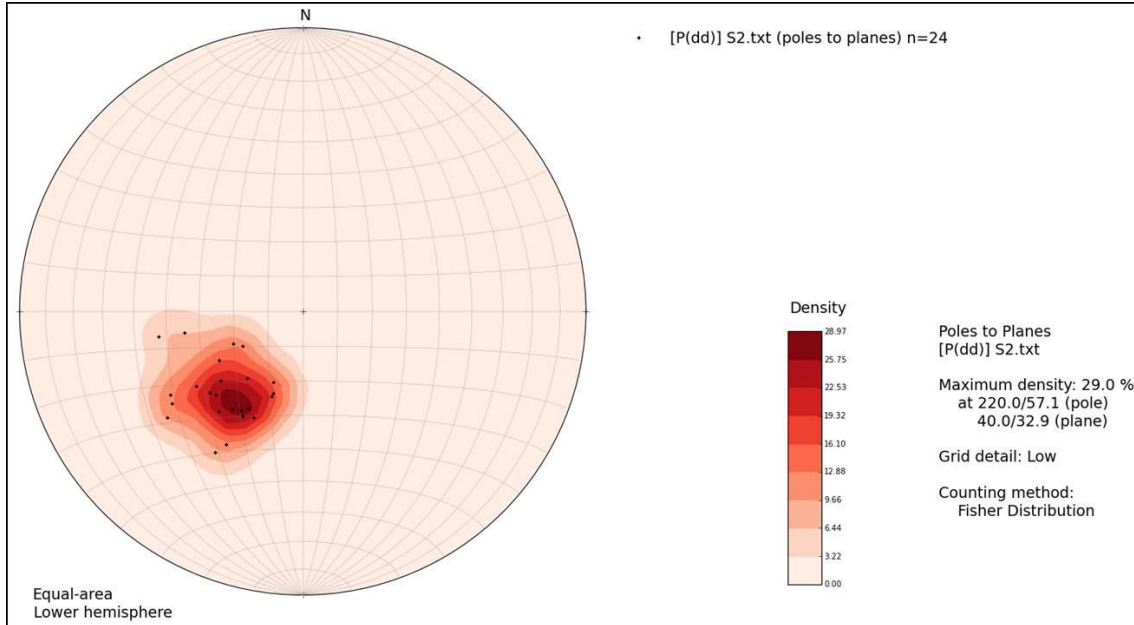
Essa foliação é bem marcada em todos os litotipos mapeados e apresenta direção principal variando em torno de N-S, semelhantemente à camada mineralizada. O mergulho, geralmente para leste, varia entre 5 e 20°, havendo pequeno aumento no ângulo na porção leste do depósito (Figura 7.14).

**FIGURA 7.14 - Estereograma da foliação S1 do Complexo Minerário**



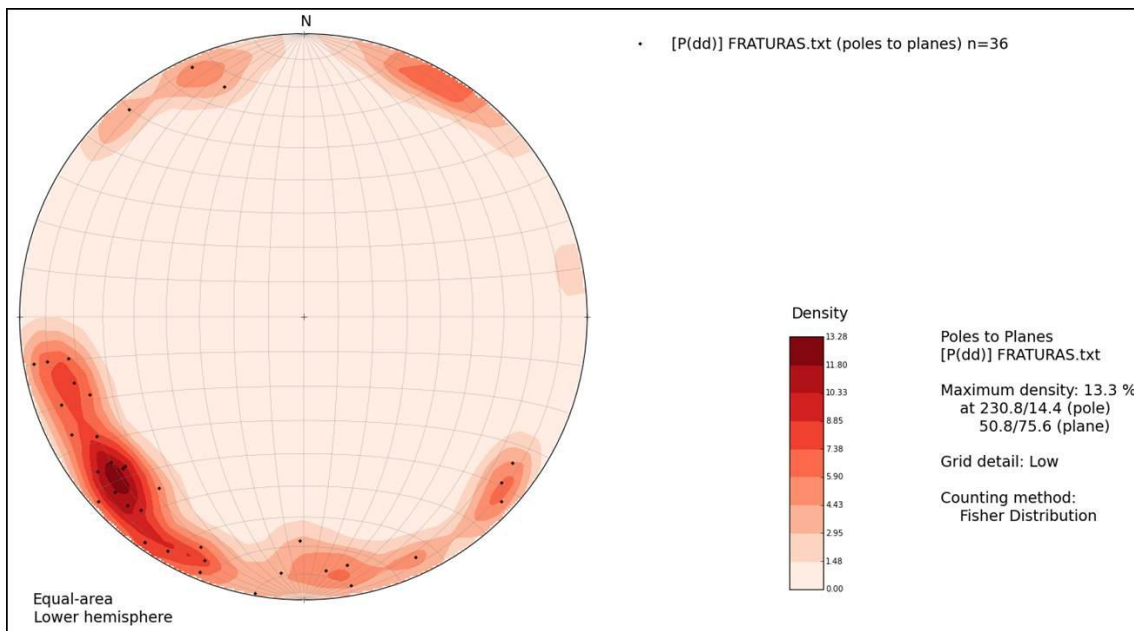
A fase D2 é representada por uma crenulação S2 e é verificada com menos frequência que S1, sendo mais amplamente visível nos diamictitos ricos em muscovita e/ou hematita. Essa foliação tem também direção próxima a N-S e apresenta mergulho para oeste, variando entre 15 e 80° (Figura 7.15).

**FIGURA 7.15 - Estereograma da foliação de crenulação S2 do Complexo Minerário**



A fase D3 é caracterizada por um sistema de fraturas de direção NE-SW, NW-SE e N-S, as quais controlam a direção da rede de drenagem (Figura 7.16).

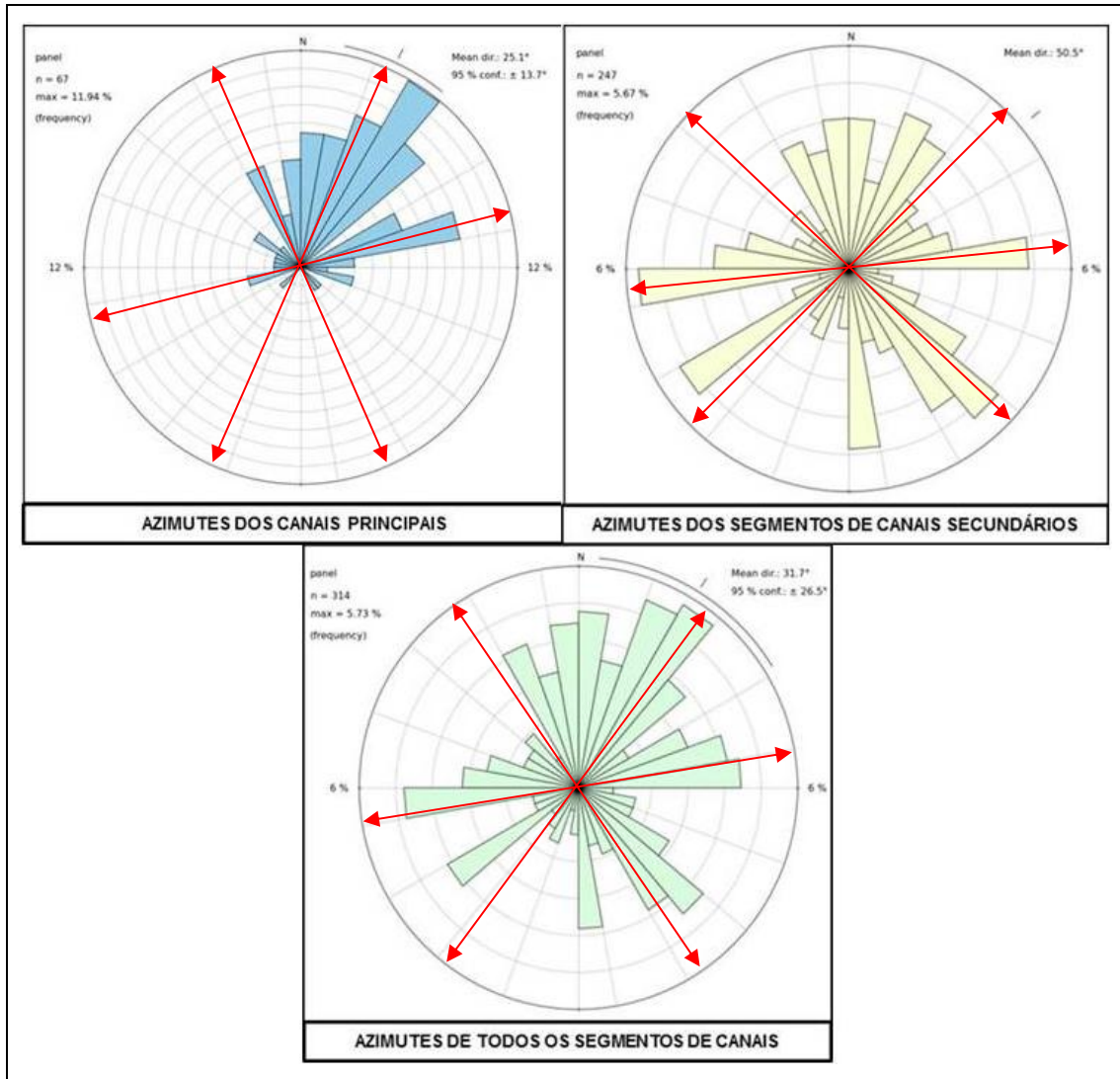
**FIGURA 7.16 - Estereograma do sistema de fraturas do Complexo Minerário**



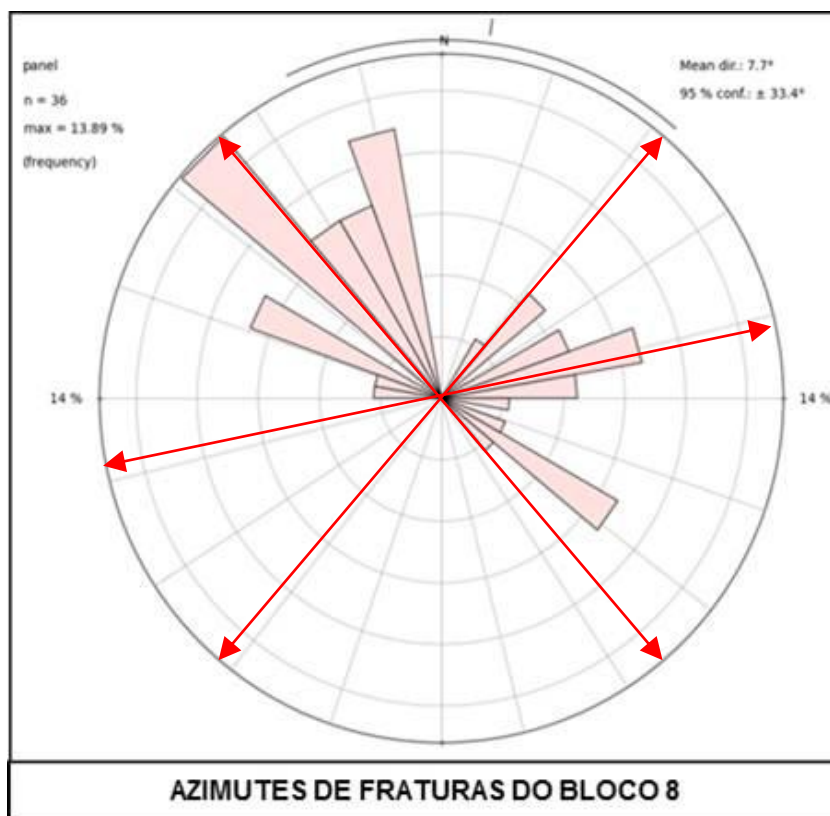
O aparente controle estrutural da rede de drenagem da área estudada induziu a um estudo mais detalhado envolvendo os canais principais e secundários presentes nas microbacias da área e sua possível associação com as falhas e fraturas. Buscando o entendimento de tal controle foram levantados os azimutes dos canais principais dos córregos Lamarão, do Vale, Capão do Meio, da Onça e demais canais sem denominação presentes na área do complexo minerário, assim como em todas as suas inflexões. Posteriormente foram medidos os azimutes de todos os canais secundários. De posse das medidas, foram gerados diagramas de rosetas para os canais principais, para os canais secundários e para todos os canais reunidos (Figura 7.17).

As direções dos azimutes dos canais principais e secundários, após análise visual das rosetas e dos dados medidos, mostram três tendências principais. Os diagramas apresentados nas figuras 4.17 e 4.18 indicam a presença de três sistemas rúpteis no Bloco 8, os quais quase controlam a direção das drenagens, e mesmo da região: N30°E-S30°W, N25°W-S25°E e E-W (Figura 7.18).

**FIGURA 7.17 - Diagramas de rosetas para os canais principais, secundários e todos os canais reunidos, mostrando as tendências das direções em vermelho**



**FIGURA 7.18 - Diagrama de rosetas dos azimutes dos planos de fraturas e falhas e a tendência do direcionamento em vermelho**



Outro ponto importante se refere à presença de cavidades e abrigos na área estudada. As cavidades se localizam nas porções norte, leste e sul do corpo mineralizado, mostrado no mapa litológico local do Anexo 07. As cavidades encontradas a norte se localizam na escarpa gerada pelo "encaixe" do Córrego Mundo Novo numa zona de falhas alinhadas segundo a direção E-W. As demais cavidades se localizam nas escarpas geradas pela incisão do Córrego Lamarão na porção leste do corpo mineralizado, apresentando orientação segundo a direção N-S; e na porção sul, com orientação segundo NW-SE e NE-SW.

Estratigraficamente, as cavidades estão posicionadas na alta, média e baixa vertente da escarpa, embora a predominância seja na média escarpa. As cavidades situadas na baixa escarpa geralmente apresentam água em seus condutos, denotando a proximidade do nível do lençol freático.

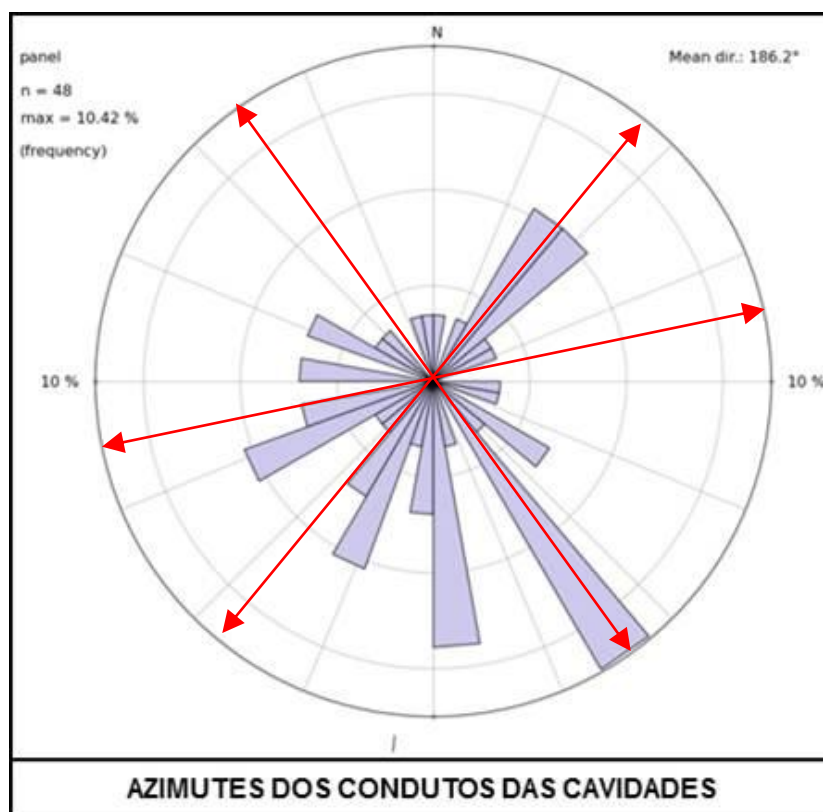
Os planos principais de falhas e fraturas mapeados na região apresentam mergulhos fortes (70 a 90°) (Foto 7.5) e este fato conduziu à hipótese do controle estrutural para a formação das cavidades, bem como a geração de seus condutos.



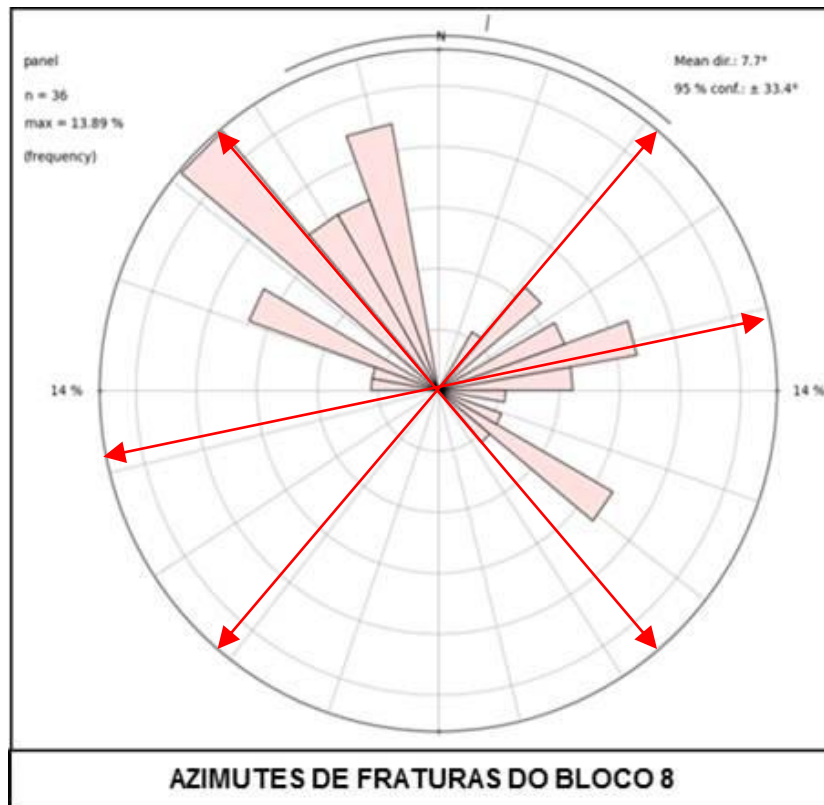
A observação dos condutos das cavidades sugeriu uma análise semelhante ao que foi feito para a rede de drenagem, ou seja, foram levantados os azimutes dos condutos (Figura 7.19) e posteriormente correlacionados aos azimutes dos planos de falhas e fraturas descritas na área por meio de diagramas de rosetas (Figura 7.19).

Semelhantemente à rede de drenagem, os condutos das cavidades também se encontram condicionados pelos planos de falhas e fraturas, como mostrado nas figuras 7.19 e 7.20. Dessa forma, algumas das cavidades também apresentam um aparente controle estrutural. Sugerem-se, entretanto, estudos mais detalhados para confirmação desse controle.

**FIGURA 7.19 - Diagrama de rosetas dos azimutes dos condutos das cavidades presentes nas bordas do corpo mineralizado**



**FIGURA 7.20 - Diagrama de rosetas dos planos das fraturas e falhas do complexo minerário**



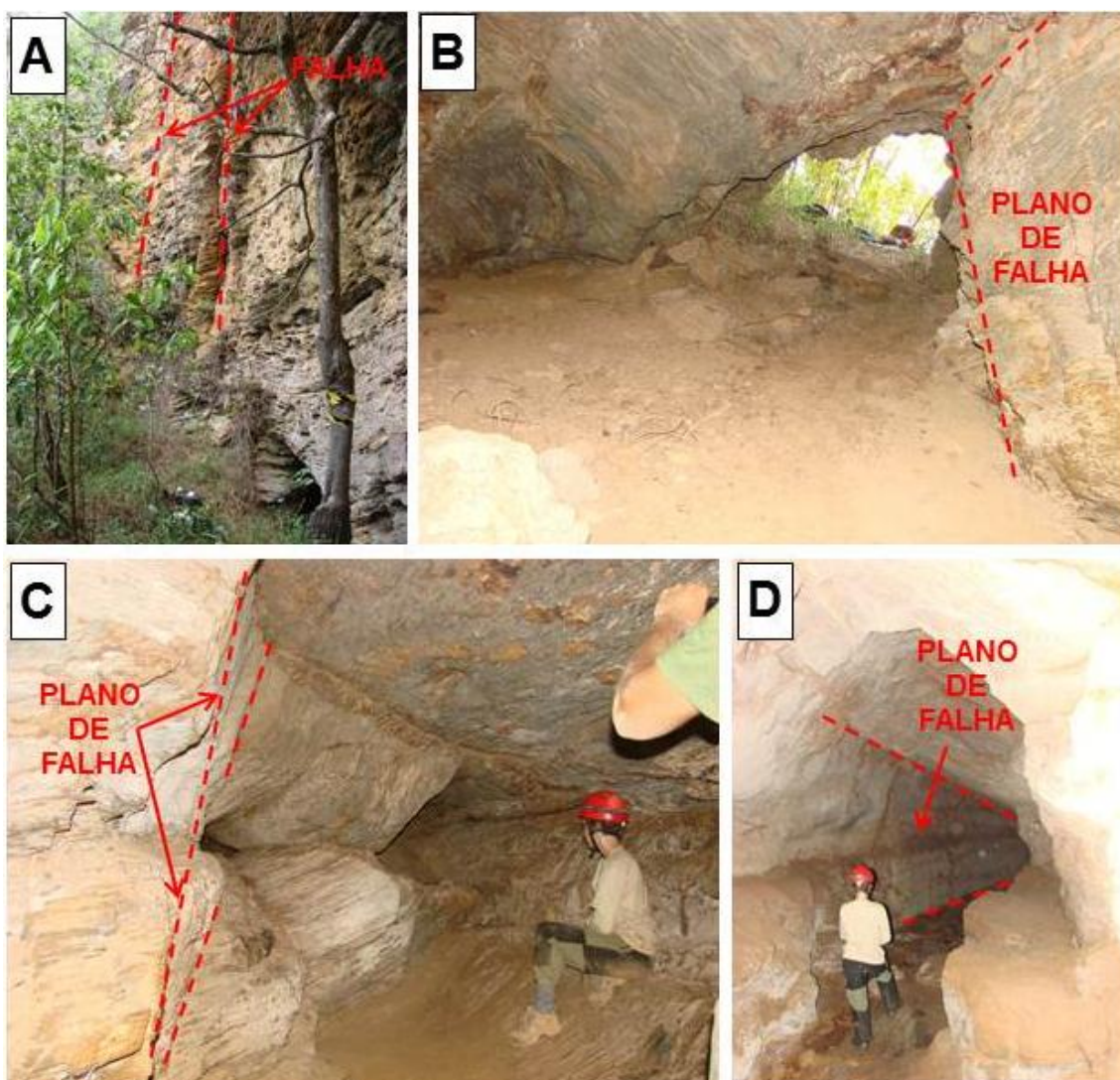


Foto 7.5 - Falhas presentes nas cavidades.

### 7.3.5 - Trabalhos de pesquisa realizados

Para que se pudesse alcançar o nível de conhecimento ora existente sobre a geologia e a mineralização do Bloco 8, foram desenvolvidos os seguintes trabalhos de pesquisa mineral na área:

- Reprocessamento e reinterpretação dos dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos do levantamento aerogeofísico executado pelo Convênio CODEMIG/CPRM;
- Compilação dos dados dos mapas geológicos públicos existentes e sua integração com os dados magnetométricos;

- Seleção e priorização de áreas para detalhamento geológico, geoquímico e geofísico;
- Mapeamento geológico e estrutural na escala de semi-detalhe (1:25.000) e de detalhe (1:10.000) de toda a área do complexo minerário, da adutora e do mineroduto, incluindo a estação de desaguamento.
- Amostragem de rochas em superfície com análises químicas (29 amostras);
- Levantamento topográfico a laser aerotransportado, com obtenção de mapa topográfico digital com curvas de nível equidistantes de 1 metro, executado pela empresa Geoid Ltda., de Belo Horizonte;
- Levantamento topográfico a laser aerotransportado de um corredor de 500 metros de largura sobre o eixo conceitual do mineroduto com fotografias digitais ortocorrigidas (ortofotos), executado pela SAI - Serviços Aéreos Industriais, de São Paulo;
- Cadastramento dos superficiários e delimitação das propriedades rurais em toda a área do Bloco 8 e na Área Diretamente Afetada (ADA) pelo projeto de mineração, com respectiva coleta de autorizações dos superficiários para realização dos serviços de pesquisa;
- Levantamento geofísico terrestre de magnetometria, efetuado em 10 perfis espaçados de 400 metros e com medidas tomadas a cada 10 metros ao longo dos perfis, totalizando 27,53 km lineares;
- Levantamento geofísico de Polarização Induzida - IP (resistividade e cargabilidade), arranjo Dipolo-Dipolo, realizado pela Geodatos do Brasil, em 10 perfis E-W espaçados 400 metros entre si e com medidas tomadas ao longo dos perfis a cada 50 metros, totalizando 25,15 km lineares;
- Programa de sondagem rotativa diamantada em diâmetros HTW e HQ, com testemunhagem contínua. Foram perfurados no total 459 furos, sendo que três desses furos foram retomados, totalizando 65.627,69 metros. A sondagem foi contratada em duas fases: a primeira, com 43 furos, foi executada em 2008 pela empresa K.V.N. Meio Ambiente e Mineração Ltda., e a segunda, totalizando 416 furos, foi executada pela GEOSOL - Geologia e Sondagens S.A., nos anos de 2009 e 2010;
- Descrição geológica e geotécnica de 65.627,69 metros de testemunhos de sondagem, seguida por fase de planejamento e definição dos intervalos de amostragem;

- Corte dos testemunhos de sondagem utilizando serra diamantada (intervalos semicompactos e compactos) e amostragem, gerando 26.492 análises químicas. Desse total, 25.926 correspondem a amostras normais e de controle de qualidade, as quais foram analisadas no laboratório SGS-GEOSOL, de Vespasiano - MG. Além disso, foi utilizado como segundo laboratório de validação a Intertek, de São Paulo, que analisou 343 amostras, a ALS Chemex, que analisou 123 amostras, e o LCT-USP, que analisou 100 amostras;
- Estudos petrográficos e de caracterização mineralógica (66 lâminas);
- Medidas de peso específico do minério de ferro utilizando a técnica de pesagem no ar e na água, totalizando 6.494 medidas;
- Elaboração das secções de sondagem, considerando a geologia e os teores da zona mineralizada;
- Execução de estudo de estimativa de recursos de acordo com as definições estabelecidas no código **JORC** - Joint Ore Reserves Committee - conduzido pela Golder Associates, posteriormente convertido pela Sul Americana de Metais S.A.;
- Execução de estudos de lavra, a nível conceitual, desenvolvidos pela Golder Associates;
- Execução de avaliação econômica preliminar do projeto, conduzida pela Golder Associates.

Diversos outros estudos foram realizados para se avaliar a viabilidade técnica e econômica do projeto, os quais se complementam com o presente Estudo de Impacto Ambiental. Contudo, por não fazerem parte do escopo do presente capítulo, não são aqui apresentados.

### 7.3.6 - Cálculo de reservas totais e lavráveis

A tonelagem das reservas classificadas como Medidas + Indicadas, com teor de corte estabelecido em 14% Fe, corresponde a 2,614 bilhões de toneladas, com teor médio de 20,04% Fe.

As reservas Inferidas correspondem a apenas 0,986 Mt com 18,34% de Fe, estando localizadas no extremo sudeste da área. Além disso, existem ainda 0,580 Mt de minério não classificados, ou potenciais, localizadas no centro-oeste da área.

O modelo de recursos e reservas desenvolvido é consistente com a evolução do conhecimento geológico obtido pela Sul Americana de Metais S.A., que demonstra que o corpo é essencialmente tabular, com mergulho suave para leste e com forte controle estrutural, responsável pelo enriquecimento em ferro na base do corpo de minério. Além disso, o intemperismo atuou como fator preponderante na distribuição dos litotipos encontrados no depósito, assim como na remoção do fósforo, presente na apatita.

Dos recursos totais encontrados no Bloco 8, a parte lavrável consiste do montante de 2.439,9 milhões de toneladas de minério, com teor médio de 20,23% de ferro. A cava será essencialmente a céu aberto, iniciando-se em zonas com teores de Fe mais elevados e com menores relações estéril x minério, localizadas na parte oeste do corpo, e evoluindo então para leste.

### **7.3.7 - Aspectos geotécnicos e hidrogeológicos**

O estudo realizado no complexo minerário sugere que as coberturas caracterizadas por latossolos apresentam erodibilidade média a alta, principalmente devido ao seu conteúdo de argila, embora níveis areno-argilosos ocorram. Já os metadiamicritos hematíticos e estéreis apresentam susceptibilidade à erosão baixa a média, devido ao seu conteúdo mais arenoso.

No que tange aos processos de infiltração, descarga e recarga hidráulica, as coberturas apresentam considerável grau de impermeabilização, principalmente aquelas mais argilosas, excetuando os níveis de canga laterítica e colúvio. Os metadiamicritos apresentam boa favorabilidade hidráulica, tanto no que se refere aos processos de infiltração quanto armazenamento e descarga, sendo então considerados como bons aquíferos. Porém, apresentam baixa alimentação superficial.

As lentes de quartzito intercaladas nos metadiamicritos se configuram também como bons aquíferos por apresentarem alta permeabilidade e permitirem a infiltração de água. A permeabilidade elevada confere a essa litologia uma baixa susceptibilidade à erosão.

Outro ponto considerado importante neste diagnóstico se refere ao controle estrutural da rede de drenagem e dos condutos das cavidades. Isto sugere que o fluxo de água subterrânea possivelmente é controlado também por falhas e fraturas. Estudos referentes a estes dados são apresentados no capítulo de hidrogeologia deste estudo.

## 7.4 - Geologia Local (Adutora)

### 7.4.1 - Introdução

Este item contempla o mapeamento geológico feito ao longo do eixo da adutora que liga a Usina de Irapé, localizada no extremo sul de Grão Mogol, na divisa com Cristália e Berilo, ao complexo minerário, localizado em Grão Mogol, próximo ao Vale das Cancelas.

As duas unidades geológicas mapeadas ao longo da adutora correspondem às formações Chapada Acauã e Nova Aurora, predominando a primeira na porção sudeste inicial do traçado e a segunda no restante do trajeto. A Formação Chapada Acauã é representada, no local, por quartzo-biotita xistos, por vezes apresentando intercalações de quartzitos, metadiamicititos, filitos e quartzitos ferruginosos, enquanto a Formação Nova Aurora é constituída por metadiamicititos de matriz xistosa ou quartzosa mineralizados em ferro ou não, com intercalações subordinadas de quartzitos impuros. Sobrepostas a ambas as unidades ocorrem coberturas detrítico-coluvionares e solos autóctones.

A caracterização litológica da adutora foi feita a partir do mapeamento na escala de 1:10.000 em um corredor de 500m de largura, sendo 250m para cada lado do eixo projetado para a adutora. O mapeamento foi executado pela SAM e os mapas gerados, a partir da Usina de Irapé até o complexo minerário estão disponíveis no Anexo 09 (Mapa Litológico Local - Adutora -13 articulações).

### 7.4.2 - Geologia local

Nas proximidades da Usina de Irapé afloram quartzo xistos com intercalações de quartzitos pertencentes à Formação Chapada Acauã, além de frequentes veios de quartzo (Foto 7.6).

Os xistos, que são bastante milonitizados, apresentam coloração cinza a cinza escura, são carbonosos e exibem minerais máficos (estauroлита?) dispostos nos planos da foliação S1 (Foto 7.7A). Os veios de quartzo apresentam concentrações de sulfetos (Foto 7.7B) e localmente encontram-se estirados (Foto 7.7C) e dobrados, evidenciando transporte tectônico de leste para oeste.

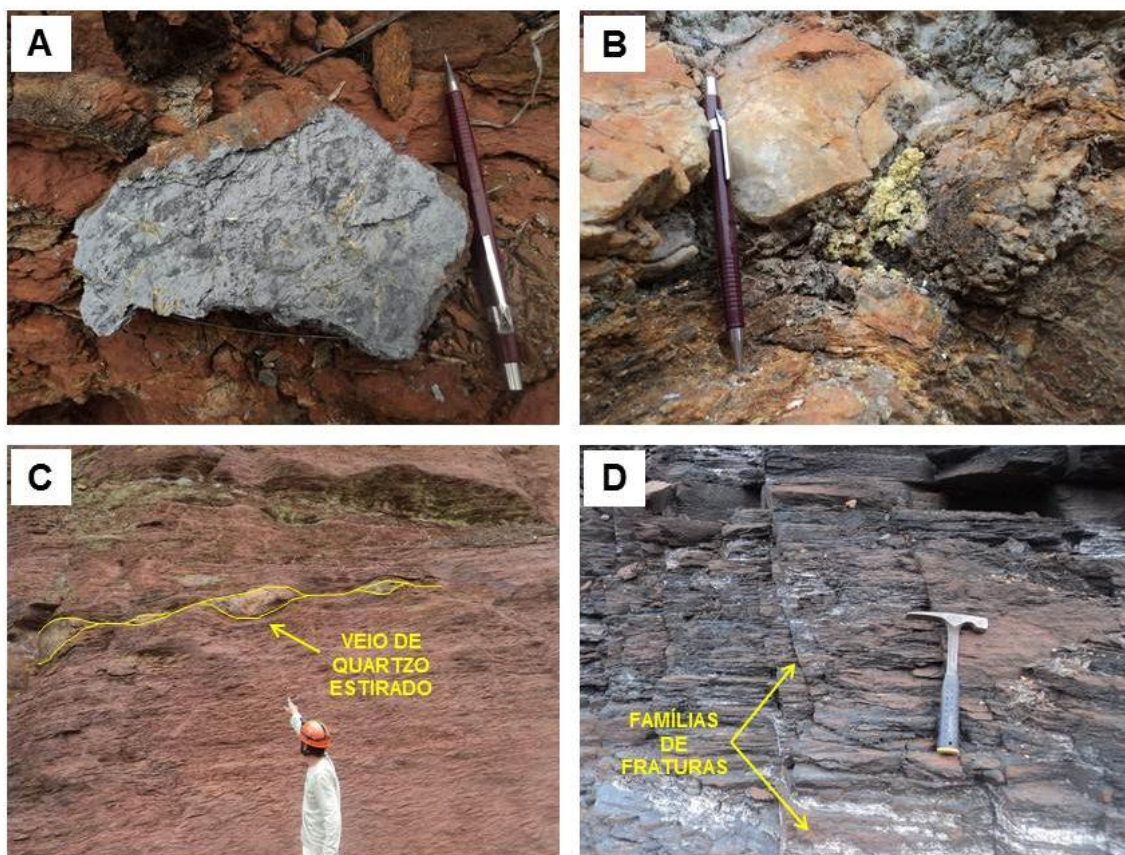
Segundo os mapas desenvolvidos pela SAM e apresentados no Anexo 09, duas famílias de fraturas ortogonais, com direções NE-SW e NW-SE predominam nos quartzo xistos (Foto 7.7D), correspondendo à fase D3 da estruturação tectônica regional.

Intercalados aos xistos ocorrem níveis de quartzitos ferruginosos bastante compactos, porém com conteúdo insignificante de hematita e magnetita, o que não permite caracterizá-los como mineralizados.



**Foto 7.6 - Quartzo xistos pertencentes à Formação Chapada Acauã, em afloramento localizado às margens do Rio Jequitinhonha, imediatamente a jusante da barragem de Irapê.**





**Foto 7.7 - A) Agulhas de estauroлита (?) dispostas no plano de foliação S1; B) Sulfeto associado a veio de quartzo; C) Veio de quartzo estirado e “boudinado”; D) Famílias de fraturas no quartzo xisto.**

Ao longo do eixo da adutora, a partir da Usina de Irapé até o entorno do Vale das Cancelas, predominam latossolos ferruginosos nas extensas zonas aplainadas nas quais deverá ser implantada a adutora. Nessas zonas de platô predomina o plantio de eucaliptos.

Os latossolos, principalmente os vermelho-amarelados, são produtos típicos de alteração das rochas da Formação Chapada Acauã, tendo como características uma grande espessura e a granulometria silto-argilosa (Foto 7.8). Nas bordas dos platôs e zonas dissecadas ocorrem também coberturas coluvionares e aluvionares.

Os colúvios são geralmente formados por fragmentos de quartzo (predominante) e canga laterítica e são diferenciados pela proporção entre eles, característica normalmente ligada à cota de ocorrência (Foto 7.9).

Os aluviões são bastante restritos na faixa mapeada e não se encontram individualizados nos mapas do Anexo 09 devido à sua pequena extensão, não compatível com a escala do mapeamento realizado - 1:10.000.

Nas porções dissecadas do relevo, ainda na parte inicial da adutora, dentro do contexto da Formação Chapada Acauã, os latossolos não se desenvolveram ou foram erodidos, deixando expostos quartzos xistos com quartzitos intercalados.



**Foto 7.8 - Aspecto geral do latossolo silto-argiloso observado nas proximidades do eixo projetado para a adutora.**

Os colúvios são geralmente formados por fragmentos de quartzo (predominante) e canga laterítica, e são diferenciados pela proporção entre eles, a característica fundamental que os diferenciam está ligada a cota de ocorrência (Foto 7.9).



**Foto 7.9 - Colúvio apresentando fragmento de quartzo e canga disposto sobre o solo de alteração do metadiamicítico (Fonte: SAM).**

Já nas proximidades do complexo minerário ocorrem os litotipos pertencentes à Formação Nova Aurora, representados por metadiamicíticos argilosos com matriz composta por quartzo fino, sericita e eventualmente clorita fina a média e magnetita (Foto 7.10). A cor da rocha varia de amarelo a creme e em geral é bastante argilosa. Essa unidade apresenta localmente níveis mais quartzosos, com cristais de granulometria fina a média e espessura em torno de 10 cm. Ocorrem também, localmente, seixos de quartzo, quartzito e gnaiss nos metadiamicíticos argilosos.



**Foto 7.10 - Metadiamicritos argilosos amarelados da Formação Nova Aurora.**

Do ponto de vista geotécnico, principalmente no que diz respeito à erodibilidade das litologias, observou-se que os quartzos apresentam média a baixa susceptibilidade à erosão. Os latossolos, por serem argilosos, apresentam média a alta susceptibilidade à erosão, processo verificado em campo ao longo da adutora, como indicado na foto 7.11. Já os metadiamicritos da formação Nova Aurora apresentam média susceptibilidade à erosão, em função de sua granulometria tendendo a argilosa, embora os níveis quartzosos apresentem capacidade de infiltração de água mais elevada que a porção argilosa.

No que se refere à hidrogeologia, todos os litotipos aqui descritos apresentam baixa favorabilidade hidrogeológica, ou seja, o conteúdo argiloso presente nos litotipos prejudica o processo de infiltração e o consequente armazenamento de água. O que se nota, entretanto, é que as famílias de fraturas da fase D3 de deformação são as estruturas responsáveis pelo abastecimento do aquífero, essencialmente fissural.



Foto 7.11 - Latossolo amarelo erodido no entorno da área projetada para a instalação da adutora.

## 7.5 - Sismologia

### 7.5.1 - Zonas e áreas de ocorrência de sismos

A ideia propagada de um Brasil essencialmente estável, livre da ocorrência de terremotos, é errônea. Contudo, a sismicidade brasileira é modesta se comparada a regiões tectonicamente ativas.

Estudos realizados a partir da década de 70 mostram que essa baixa atividade sísmica não pode ser desprezada, sendo o resultado de forças geológicas que atuam na placa tectônica que contém o continente como um todo. Até então, o país era considerado assísmico, principalmente por não se conhecer registros de sismos destrutivos, e os poucos abalos sentidos eram interpretados como “simples acomodação de camadas”.

Entre os principais abalos de terra no país, destacam-se eventos como o do Ceará (1980/mb=5,2), João Câmara, RN (1986/mb=5,1), Mato Grosso (1955/mb=6,6), litoral do Espírito Santo (1955/mb=6,3) e Amazonas (1983/mb=5,5), mostrando assim que o Brasil também está sujeito à ocorrência de sismos.

De acordo com a teoria da tectônica de placas, as regiões de maior incidência de terremotos correspondem às bordas ou limites das placas tectônicas. No interior das mesmas, a sismicidade é relativamente branda, pois o acúmulo de esforços, que acaba produzindo os terremotos, ocorre de forma mais lenta.

Nesse contexto, o Brasil situa-se praticamente no interior da Placa Sul-Americana, distante das bordas leste e oeste, respectivamente representados pela Cadeia Meso-Atlântica e pela zona de subducção Andina, apresentando assim uma sismicidade bem inferior àquela observada nas bordas de placas.

Porém, os terremotos podem surgir a qualquer momento e em qualquer lugar. Assim, não é impossível que algum dia um sismo de conseqüências graves acabe por atingir uma cidade brasileira.

O limite existente entre as margens continentais e oceânicas na porção leste do Brasil são classificadas como passivas, não sendo assim passíveis de ocorrências de sismos originários de movimentação de placas tectônicas. Aqueles ocorrentes possuem relação direta com acomodação litológica dentro da crosta continental, sendo também de baixa magnitude. Esse é o caso relacionado à área em estudo.

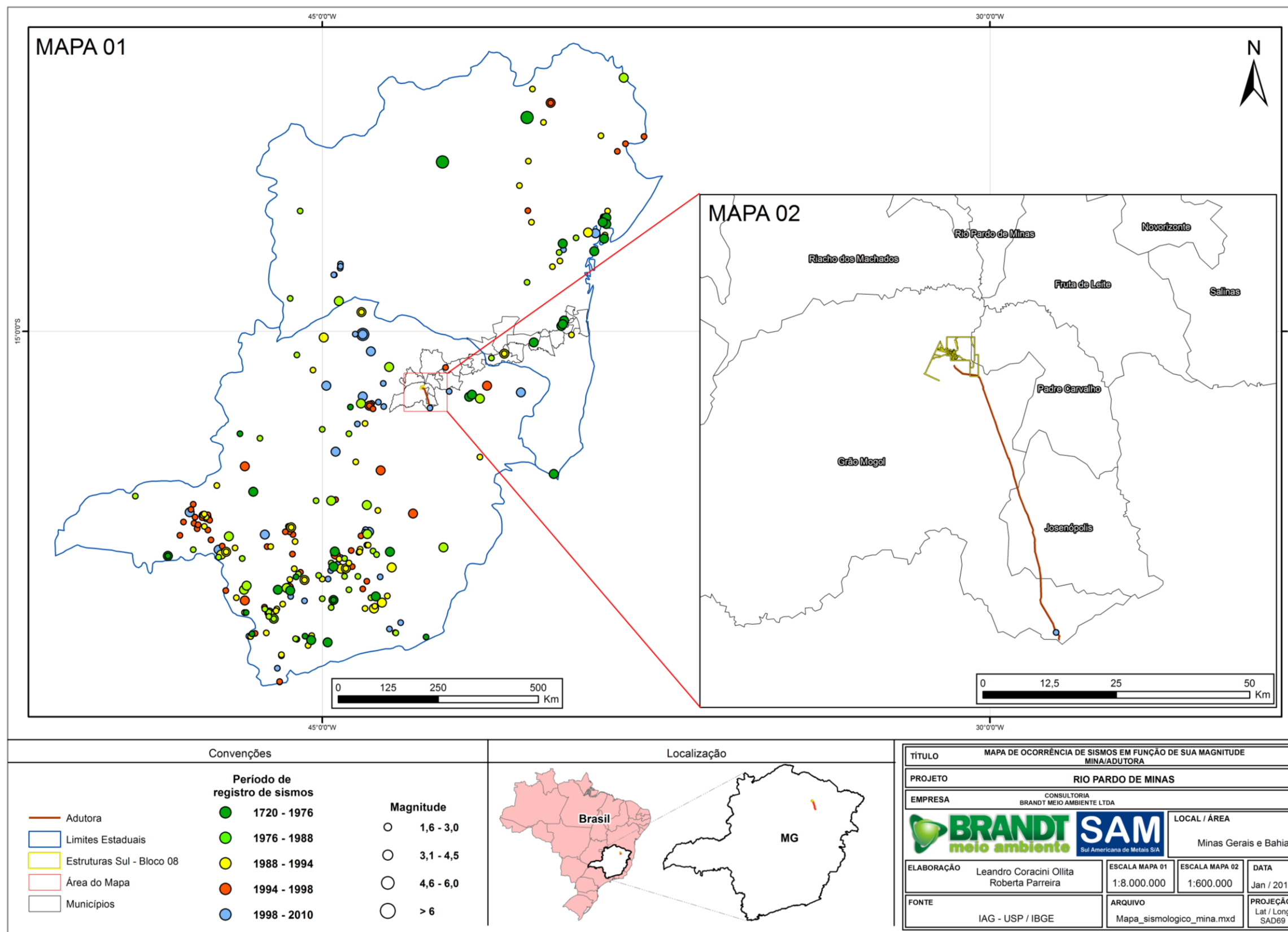
Magnitude é uma medida quantitativa do tamanho do terremoto. Está relacionada à energia sísmica liberada no foco e também à amplitude das ondas registradas pelos sismógrafos (IAG/USP).

O mapa apresentado na figura 7.21 (Mapa de Ocorrência de Sismos em Função de Sua Magnitude) contém dados sobre tremores de terra registrados no Brasil, com detalhe para as áreas que compreendem o complexo minerário e da adutora da SAM. Os registros dos sismos ora apresentados referem-se ao período de 1720 a 2010, considerando-se aqueles com magnitude a partir de 1,5. As informações mais antigas são chamadas históricas e foram obtidas após um longo e minucioso trabalho de pesquisa em bibliotecas, livros, diários e jornais. O livro "Sismicidade do Brasil", de J. Berrocal *et al.* (1984), contém detalhes dessas informações. Os dados apresentados no mapa são provenientes do Banco de Dados de Sismologia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Tecnológicas - IAG/USP.

Comparativamente, o Acre é o estado brasileiro que apresenta o maior nível de atividade, tanto em número quanto no tamanho dos sismos, mas sua origem é distinta da sismicidade do restante do país, os quais acontecem a grandes profundidades e, mesmo os de maiores magnitudes, têm seus efeitos na superfície do terreno.

Na área de estudo do complexo minerário e adutora foram registrados abalos de magnitude variando entre 1,6 e 3,0 na Escala Richter, no período entre 1998 e 2010, somente nas proximidades da Represa de Irapé, no extremo sul da adutora, no município de Grão Mogol.

FIGURA 7.21 - Mapa de Ocorrência de Sismos em Função de Sua Magnitude







## **7.6 - Identificação de áreas oneradas junto ao DNPM e locais com potencial para utilização como jazida**

A identificação das áreas oneradas segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) situadas na área de estudo do empreendimento, segmentos limítrofes à Área Diretamente Afetada, são apresentados no Anexo 10 (Relatório de Identificação e Cadastramento de Direitos Minerários interferidos pela ADA do complexo minerário, incluindo a adutora).

Tal levantamento foi utilizado ainda para a identificação de áreas de possíveis jazidas de rocha, solos e agregados para a construção do empreendimento. Os relatórios e os mapas são apresentados no Anexo 06 do Módulo 7.

## 8 - GEOMORFOLOGIA

### 8.1 - Introdução

A área de estudo do Complexo Minerário do Projeto Vale do Rio Pardo da Sul Americana de Metais S/A encontra-se situada no vale do córrego Lamarão, afluente da margem direita do rio Vacaria, na borda leste da Serra do Espinhaço.

No mesmo contexto, em direção ao sul, encontra-se a área de estudo da adutora de Irapé, que irá suprir a demanda de água do projeto. Ao longo de seu percurso, essa estrutura seguirá por extensas chapadas, seccionadas pelos segmentos dos vales contribuintes dos rios Ventania e Itacambiruçu, a oeste; dos ribeirões Santana e Piabanha, a leste; do rio Jequitinhonha ao sul; e do córrego Lamarão, a norte.

Através da análise de imagens de satélite, do mapa geomorfológico do CETEC (1982) e das cartas topográficas do IBGE é possível identificar, em escala regional, duas formas distintas de relevo que ocorrem na borda leste da Serra do Espinhaço: formas de Aplainamento (A), que correspondem aos topos das chapadas; e formas de Dissecção (F1) que, em geral, correspondem aos vales bem marcados que caracterizam as drenagens da região.

Dentre os mapeamentos geomorfológicos que recobrem a área de estudo do complexo minerário e da adutora, o do CETEC (1982) possui escala de maior detalhe (1:1.000.000). Como referência, cita-se ainda o Mapa de Relevo do Brasil - IBGE (2006), que corresponde ao mapeamento do território brasileiro em mesoescala (1:5.000.000).

Embora as divisões propostas nos referidos mapas regionais apresentem pouco detalhe devido à escala do trabalho, em função da homogeneidade do relevo da região verificou-se que a compartimentação apresentada em tais levantamentos se reflete, em boa parte, no contexto geomorfológico local.

Deste modo, neste estudo buscou-se descrever as formas de relevo identificadas em campo, procurando-se associar a compartimentação regional às formas de relevo locais.

### 8.2 - Aspectos metodológicos

A elaboração do diagnóstico geomorfológico foi dividido em três etapas, a saber:

- 1ª etapa: Levantamento de dados referentes a área de estudo, incluindo preparação de mapas e imagens de satélite;
- 2ª etapa: Obtenção de dados de campo, quando se percorreu toda a área de estudo das estruturas do complexo minerário e da adutora do Projeto Vale do Rio Pardo;

- 3ª etapa: Análise dos dados de campo e elaboração de diagnóstico, complementado com a elaboração dos mapas finais.

Como a área de estudo não possui mapeamentos geomorfológicos em escala maior que 1.1.000.000, optou-se por seguir como referência o levantamento na mencionada escala realizado por CETEC (1982), que apresenta a compartimentação básica para a área de estudo. Concomitantemente, foram consultadas publicações de referência que mencionam aspectos gerais da região, como levantamentos referentes à Serra do Espinhaço e ao Vale do Rio Jequitinhonha feitos por Ferreira (2007) e Saadi (1995).

Para a elaboração da caracterização local foram utilizadas imagens de satélite e cartas topográficas do IBGE em escala 1:10.000 e 1:100.000, respectivamente.

A obtenção dos dados de campo ocorreu em duas etapas. A primeira etapa se deu no decorrer da segunda quinzena do mês de outubro de 2010, e a segunda etapa na primeira quinzena do mês de dezembro de 2010. Nessas investidas, todas as áreas de estudo do complexo minerário e adutora foram percorridas, com o registro de pontos e caracterização geomorfológica das áreas, assim como outros aspectos relacionados à pedologia e aos recursos hídricos, no contexto de cada estrutura do empreendimento.

Após o término dos trabalhos de campo foram gerados mapas de declividades e de hipsometrias, que contribuíram para a elaboração de modelos e interpretação do terreno, sobretudo quanto à gênese das feições identificadas em campo.

Com o objetivo de retratar as feições locais foram elaborados mapas geomorfológicos na escala 1:40.000 da área do Complexo Minerário e de 1:30.000 da Adutora.

Durante a elaboração do diagnóstico, os dados foram apresentados de modo a fornecer subsídios para delinear-se o cenário vigente e a perspectiva de implantação do empreendimento.

## **8.3 - Geomorfologia regional**

### **8.3.1 - Compartimentos geomorfológicos**

No contexto geomorfológico regional a área de estudo apresenta-se como superfície elevada com formas de relevo dos tipos serras, planaltos e chapadas. As maiores altitudes estão na Serra do Espinhaço, a oeste da área de estudo, e as menores estão a leste, onde ocorrem planaltos e, localmente, chapadas.

A compartimentação do relevo seguiu as premissas do Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009). A metodologia proposta no Manual considera o ordenamento dos fatos geomorfológicos de acordo com uma classificação temporal e espacial, na qual se distinguem os modelados como unidade básica e seus grupamentos hierarquicamente relacionados. Para a individualização destes conjuntos de feições foram considerados como parâmetros os fatores causais, de natureza estrutural, litológica, pedológica, climática e morfodinâmica, responsáveis pela evolução das formas do relevo e pela composição da paisagem no decorrer do tempo geológico. De acordo com a ordem decrescente de grandeza são identificados:

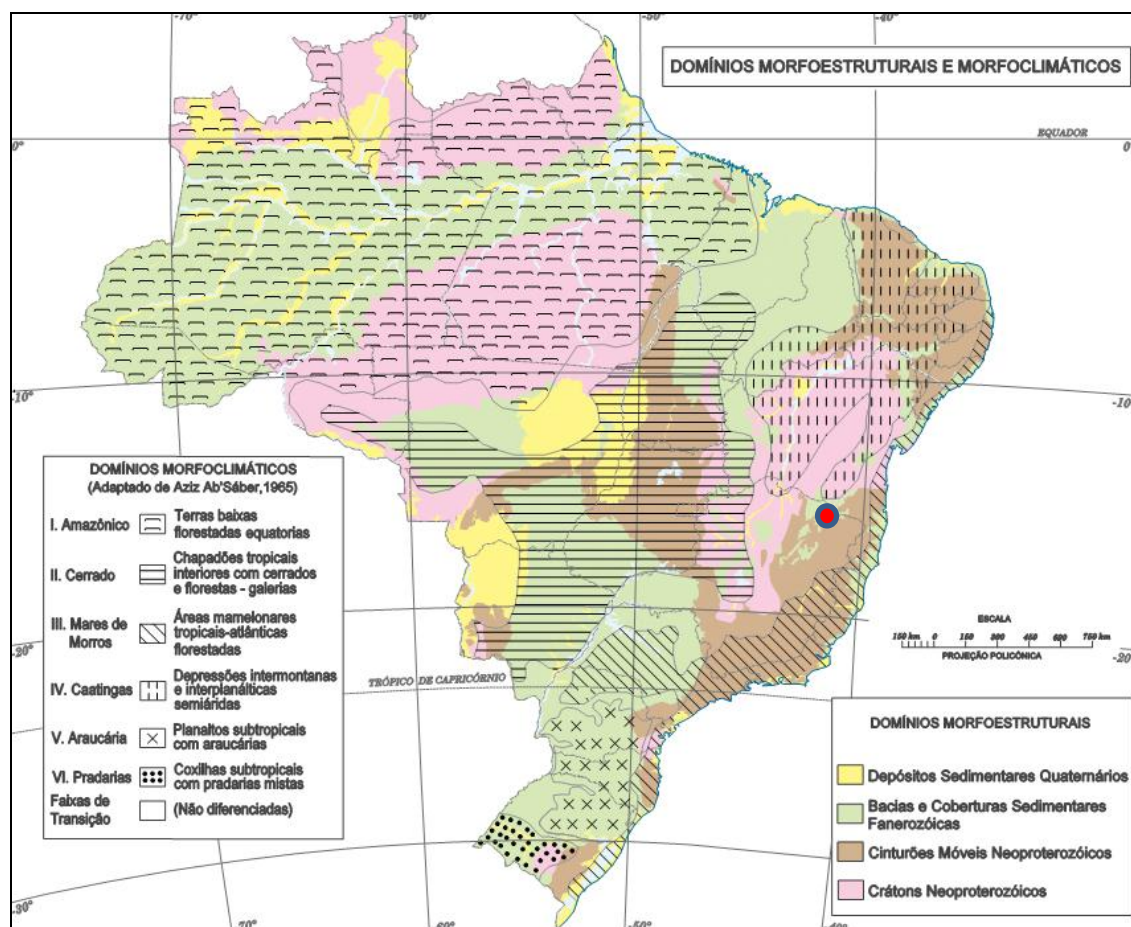
- 1- Domínios Morfoestruturais
- 2- Regiões Geomorfológicas
- 3- Unidades Geomorfológicas
- 4- Modelados e Formas de Relevo

De acordo com a macrocompartimentação do relevo brasileiro proposta por IBGE (2006), apresentado na figura 8.1, a região encontra-se na interface de dois Domínios e respectivas Regiões e Unidades:

- **Domínio Morfoestrutural dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos** - Compreende a Região Geomorfológica do Sudeste-Sul e a Unidade Geomorfológica dos Planaltos dos Rios Jequitinhonha-Mucuri.
- **Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas** - Abrange a Região Geomorfológica do Sudeste-Sul, sendo que o empreendimento insere-se, parcialmente, na Unidade das Chapadas do Rio Jequitinhonha.

A figura 8.1 apresenta a distribuição dos Domínios Morfoestruturais e Morfoclimáticos do relevo.

**FIGURA 8.1 - Domínios Morfoestruturais e Morfoclimáticos**



● Localização aproximada do Complexo Minerário e Adutora

Fonte: Mapa de Relevo do Brasil - IBGE, 2006.

O **Domínio dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos** compreende extensas áreas representadas por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas elaboradas em terrenos dobrados e falhados (IBGE, 2006).

O **Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas** se refere aos planaltos e chapadas desenvolvidas sobre rochas sedimentares horizontais a sub-horizontais, eventualmente dobradas e/ou falhadas, em ambientes de sedimentação diversos, dispostos nas margens continentais e/ou no interior do continente (IBGE, 2006).

O segundo domínio predomina espacialmente na área de estudo, onde a paisagem é marcada por chapadas com topos aplanados e vales encaixados delimitados por contatos abruptos esculpido por erosão diferencial. A morfologia acidentada dos vales apresenta direção geral NNE-SSW, possivelmente condicionada por falhas e fraturas geológicas.

A Serra do Espinhaço, representada na região pela Serra Geral ou da Bocaina, conforma o divisor de águas das bacias do rio São Francisco, a oeste, e dos rios Jequitinhonha e Pardo, a sudeste e leste, que escoam diretamente para o Oceano Atlântico.

Sob enfoque mais restrito, a área de estudo está inserida na borda leste do Planalto Setentrional da Serra do Espinhaço, que se estende desde a cidade de Couto de Magalhães, em Minas Gerais, até o centro-sul da Bahia (SAADI, 2005). Essa região pode ser dividida em duas unidades geomorfológicas: o Planalto do Rio Jequitinhonha e a Depressão do Rio Jequitinhonha, sendo que a área de estudo do empreendimento se insere no domínio de Planalto.

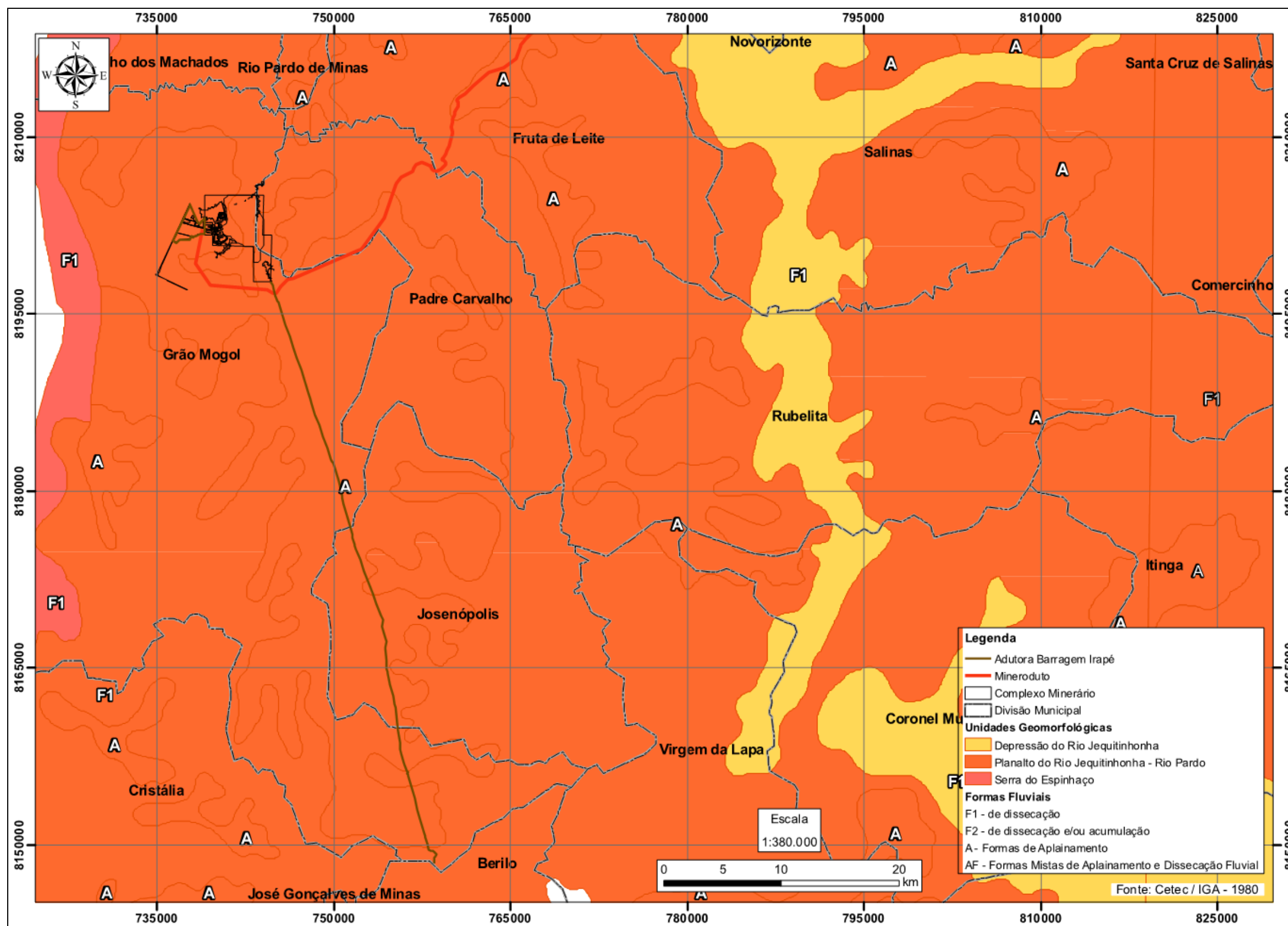
O **Planalto do Rio Jequitinhonha** é o setor que abrange a maior parte do médio vale do rio Jequitinhonha, até as proximidades da confluência do rio São Miguel, na localidade de Jequitinhonha (CETEC, 1982). É representado por extensas superfícies de aplainamento constituídas pela Superfície de Aplainamento Sulamericana (KING, 1956 *apud* SAADI, 1995; GROSSI-SAD *et al*, 1997).

Compõe-se de áreas aplainadas, limitadas por rebordos erosivos bem marcados, denominados regionalmente de “chapadas”, com altitudes mais frequentes próximas a 900 m, atingindo cotas de até 1.200 m a oeste/sudoeste. Essas áreas alternam-se com zonas dissecadas que acompanham os rios principais e seus afluentes, onde predominam vertentes ravinadas e vales encaixados, cristas, colinas e pontões. De oeste para leste, as vertentes pedimentadas são substituídas gradativamente por vertentes elaboradas sob clima mais úmido, com ravinas e vales encaixados, onde são generalizados os depósitos de tálus (CETEC, 1982).

A **Depressão do Rio Jequitinhonha** corresponde a uma faixa de áreas rebaixadas ao longo do rio Jequitinhonha e de alguns de seus afluentes (CETEC, 1982). É caracterizada por um conjunto de colinas baixas circundadas por chapadas e não representam segmentos da Serra do Espinhaço (GROSSI-SAD *et al.*, 1997). Apresenta altitudes que variam em torno de 400 m, com um caimento gradativo para leste. Caracteriza-se por uma superfície de aplainamento, do pleistoceno, dissecada em colinas de topo aplainado, vales de fundo chato e interflúvios tabulares (CETEC, 1982).

A figura 8.2 apresenta a compartimentação regional do relevo conforme o estudo do CETEC (Op. cit.).

**FIGURA 8.2 - Compartimentação geomorfológica regional**







Outra abordagem, foi proposta por JUSTINO *et al.* (2005), a qual sugere para a área estudada três subdomínios geomorfológicos que podem ser evidenciados em escala de maior detalhe da área de estudo: o Subdomínio das Chapadas, o Subdomínio Transicional e o Subdomínio da Depressão do Rio Salinas (D3).

O Subdomínio das Chapadas é localmente representado pela Serra dos Gerais, que se encontra em patamares de 800-900 m de altitude.

O Subdomínio Transicional é representado por rampas de colúvio pouco inclinadas, caracterizado pela diferença de relevo entre as chapadas e as depressões a leste, e a oeste pelo vale do rio Vacaria. Possui altitude transicional (cerca de 700 m) entre as chapadas e as superfícies dissecadas. Observa-se ainda que as drenagens possuem geometria dendrítica a paralela, com direções W-E.

O Subdomínio da Depressão do Rio Salinas é representado por superfícies de dissecação com altitudes mais baixas, entre as cotas de 500 e 700 m em geral. A drenagem que abastece esse domínio possui geometria semirretangular a dendrítica, com direções principais N-S e E-W (JUSTINO *et al.* 2005).

As principais formas de relevo presentes na área de estudo estão inseridas a leste da Serra Geral, localmente também conhecida por Serra da Bocaina, situada cerca de 10 km a leste do complexo minerário. Nesse contexto, as chapadas podem ser individualizadas como: Chapada do Bosque, Chapada do Bosquinho e Chapada do Cardoso, que ocorrem sobre os metadiamicritos, xistos e quartzitos do Grupo Macaúbas.

Regionalmente a altitude máxima ocorre na Serra Geral, atingindo os 1.344 m no município de Grão Mogol. Também se destacam o divisor de águas entre os córregos Mumbuca e da Piteira, que atinge os 1.025 m, coincidindo com a região das chapadas e que decresce até as margens do rio Vacaria, a cerca de 400 m de altitude, no município de Josenópolis; e o divisor de águas entre os córregos do Macuco e da Forquilha, que atinge 1.060 m no município de Padre Carvalho.

Em termos hidrográficos, a área de estudo situa-se na bacia do rio Jequitinhonha, mais especificamente na sub-bacia do rio Vacaria e de seus referidos afluentes. O sistema de drenagem apresenta, em geral, o padrão dendrítico, com predominância das direções NW-SE, NE-SW e L-W. Entretanto, quando se analisa a morfologia das microbacias observa-se que elas seguem o padrão de drenagem subparalelo a paralelo, fortemente condicionado pelo controle estrutural marcante na área.

### **8.3.2 - Evolução geotectônica**

Quanto à evolução geotectônica regional, o artigo de Saadi (1995) aborda a Serra do Espinhaço e suas margens, realizando uma ampla revisão dos estudos que tratam a morfodinâmica associada aos eventos tectônicos recentes. No referido artigo o autor realizou uma revisão bibliográfica dos estudos até então publicados para toda a cordilheira e unidades limítrofes.

Barbosa (1960) *apud* Saadi (1995) defende a ocorrência de três ciclos de denudação para o Médio Jequitinhonha representados pela “Superfície das Chapadas” (Paleogeno, 850 m), o “Ciclo Pós-Chapada” (Neogeno, 350 m) e o “Ciclo Atual” (Quaternário). A “Superfície das Chapadas” corresponderia à “Superfície Sulamericana” de King e teria sido preservada da destruição total pelo alçamento tectônico da superfície, enquanto os dois últimos eventos seriam apenas duas fases de um só ciclo. Concordando com King (1956), o autor interpretou a justaposição da “severa horizontalidade” do Alto Jequitinhonha com a imponente dissecação do médio vale como sinal de extrema juventude do Ciclo Pós-Chapada (SAADI, 1995).

Rennó (1974) *apud* Saadi (1995) definiu uma série de cinco ciclos denudacionais para o nordeste do Estado de Minas Gerais. Os altos da Serra da Bocaina, localizados próximos à área de estudo das estruturas minerárias do Projeto Vale do Rio Pardo, corresponderiam à “Superfície Pré-Cretácica” (Superfície Gondwana). A “Superfície Pós-Cretácica 1” (Pós-Gondwana) não ocorreria na região. A “Superfície Pós-Cretácica 2” (Sulamericana), representada pelas chapadas superiores, teria tido seu período de elaboração estendido até o Plioceno, quando teria sido basculada para leste. A “Superfície Vacaria” encontra-se confinada à depressão granítica da janela estrutural de Itacambira-Espinosa. Sua gênese resultaria da diferenciação litológica e sua idade seria do intervalo entre os ciclos “Pós-Cretácico 2” e “Pleistocênico”. Este último, correspondente ao Ciclo Velhas, seria o responsável pela elaboração das depressões de Araçuaí e do rio Salinas (SAADI, 1995).

A série de ciclos definidos por King (1956) foi considerada pertinente no trabalho do CETEC (1982), sendo o conjunto de chapadas e patamares definido como “áreas aplainadas com zonas dissecadas”, resultando do “Ciclo Sulamericano”, para os níveis de 800-900 m, e do “Ciclo Velhas”, para os níveis de 500-700m. Um segundo compartimento, denominado “Serras, Patamares e Escarpas do Espinhaço” e constituído por uma “sucessão de superfícies de aplainamento”, englobaria o alinhamento meridiano das serras da Bocaina e Geral, cujos topos (1.200-1.300m) seriam testemunhos do “Ciclo Pós-Gondwana” referido por Saadi (1995).

O trabalho de Saadi (1995) ressalta muito a influência da geologia sobre o relevo. O autor cita como evidência os desníveis abruptos afetando o perfil do rio Jequitinhonha em Salto da Divisa e Terra Branca, e a preservação do gradiente elevado entre Virgem da Lapa e o nível de base local da Ponte de Caçaratiba. São fatos que apoiam a interpretação de King (1956), retomada por Barbosa (1960), sobre a juventude da dissecação do Ciclo Pós-Chapadas (SAADI, 1995).

Saadi (op. cit) ainda destaca que a interpretação de tais estudos aponta para a convergência de vários aspectos. O primeiro deles é o consenso de que o topo das chapadas representa um nível de aplainamento Sulamericano de King (1956). O segundo é a inclinação de origem tectônica dessa superfície para leste. O terceiro é o reconhecimento, em Barbosa *et al.* (1980), da interpretação tectônica dos caimentos convergentes dos planaltos do Jequitinhonha e do Araçuaí, em direção ao eixo submeridiano do rio Araçuaí (SAADI, 1995).

De acordo com Saadi (1995) observa-se que o consenso sobre a juventude dos eventos denudacionais, posteriores ao Ciclo Sulamericano, nem sempre está de acordo com as idades propostas. Somente a cronologia adotada por Rennó (1974), admitindo que o desenvolvimento deste se estendeu até o Plioceno, apresenta uma coerência interna.

Para Saadi (1995), ao concordar que o aplainamento “oligocênico” afetou, também, o pacote sedimentar da Formação São Domingos (PEDROSA SOARES, 1981), que capeia as chapadas da Depressão do Baixo Rio Araçuaí, o autor acaba atribuindo a esses sedimentos uma idade paleogênica. Em contraposição, Saadi (1991) demonstrou que a Formação São Domingos fossiliza uma porção da Superfície Sulamericana, que foi rebaixada tectonicamente para formar o piso do Graben de Virgem da Lapa. Seus topos representam muito mais uma superfície estrutural sustentada por uma espessa carapaça ferruginosa. Nesse caso, Saadi salienta o nível da ousadia que conduz a interpretar uma única linha de crista como testemunho de uma superfície de aplanamento de alcance regional. Acredita-se que a Serra da Bocaina só deve constituir um relevo residual, do tipo monadnock, do aplanamento do Ciclo Sulamericano (SAADI, 1995).

A evolução geomorfológica do Planalto Setentrional da Serra do Espinhaço também foi investigada por Saadi *et al.* (1991), no âmbito dos estudos de viabilidade da Unidade Hidrelétrica de Irapé, logo a jusante da confluência dos rios Jequitinhonha e Itacambiruçu, realizados para a CEMIG e ora no contexto da área de estudo da adutora do Projeto Vale do Rio Pardo. Tal estudo definiu quatro grandes tipos de unidades de relevo:

- “Tipo Serrano”: corresponde ao “Monadnock Central” (quartzitos e conglomerados), entre as cotas 950 e 1.467m, sendo composto pelas cristas assimétricas das frentes de empurrão (serras Geral e da Bocaina) e pequenos platôs, alguns constituindo prováveis *klippes*, (SAADI, 1995).
- “Tipo Chapadas”: agrega as unidades de relevo do plano fundamental suavemente inclinadas e/ou onduladas, entre as cotas 750 e 1.000 m, compostas por litologias de xistos com quartzitos subordinados. O relevo situado entre as cotas de 800 a 1.000 m (Superfície Sulamericana) se diferencia por suas coberturas superficiais. Na margem esquerda do rio Jequitinhonha, como na Chapada do Cemitério, essa unidade encontra-se encoberta por um lençol formado por até 90% de areias quartzosas médias e bem classificadas, espalhado a partir dos relevos quartzíticos. Na margem direita, caso da Chapada de Acauã, ocorre uma cobertura argilosiltoarenosa a arenoargilosa preenchendo paleodepressões fluviais, com espessura “visível” de até 5 m (SAADI, 1995). Em um único perfil localizado na borda sul do planalto observou-se que essa cobertura argilosiltoarenosa a arenoargilosa, com espessura de 1,6 m, reflete apenas uma pedogênese holocênica sobre saprólitos com idades entre 10 e 120 milhões de anos (SAADI, 1995). Nos limites entre as cotas 750 e 800 m, ocorrem patamares cobertos por espessuras variáveis de sedimentos da Formação São Domingos, correspondendo a restos do Terraço Pliocênico dos rios Itacambiruçu e Jequitinhonha, frequentemente protegidos por carapaça ferruginosa (SAADI, 1995).

- “Tipo colinas”: ocorre entre os alinhamentos de relevos quartzíticos, sendo exibido pela Depressão de Itacambira-Espinosa (Superfície Vacaria de Rennó 1974). Essa unidade é formada por colinas convexas sobre gnaisses arqueanos, com topos entre 900 e 1.000 m e alturas de 150 a 250 m.
- “Tipo Vales e Terraços Quaternários”: desenvolvido entre as cotas 350 e 750 m, apresentam vertentes convexas, com declividade média de 20 a 50% em sua porção superior e entre 50 e 100% nos fundos de vales, resultado do aprofundamento relativamente recente da rede de drenagem. Na parte superior foram identificados três níveis de terraços com seixos e blocos de quartzo perfeitamente arredondados, denominados de 1°, 2° e 3° Terraço Pleistocênico (Nível Superior) em posições respectivas de altitude/altura de 650m/300m, 600m/250m e 550m/200m. Na parte inferior das vertentes ocorrem estreitos patamares que correspondem aos testemunhos de Terraços Pleistocênicos Intermediários. Estes não foram, no entanto, identificados detalhadamente na época do estudo de Irapé, por não apresentarem utilidade específica para o empreendimento proposto.

A borda leste da Serra do Espinhaço também já foi descrita como um escarpamento controlado por falhamento normal neoceno-zóico, na porção meridional (PEDROSA *et al.* 1989), e pela Falha de Taiobeiras, no resto de sua extensão. A área marginal da borda leste é mais rica do ponto de vista geomorfológico. Saadi (1991) fez uma compartimentação tectônica desta área nas seguintes unidades:

- a) “Depressão do Baixo Rio Araçuaí”, caracterizada como graben pliocênico de direção NE-SW, hoje composta por chapadas com altitudes decrescentes de sul (830 m) para norte (750 m) e pelos vales dos rios Araçuaí e Jequitinhonha, que confluem na cota 300 m. Possuem caráter de tabuleiros, pois são capeadas por sedimentos pliocênicos da Formação São Domingos.
- b) “Planalto Basculado da Margem Direita do Rio Araçuaí”, composto por retalhos de chapadas alongados e inclinados de SSE (1.200 m) para NNW (800 m), configurando um basculamento tectônico, com inclinação de 0,8% da Superfície Sulamericana em direção ao *graben*.
- c) “Depressão do Rio Salinas” cuja direção é controlada pela Falha de Taiobeiras, desenvolvida abaixo da cota 500 m, em meio a chapadas com inclinações suavemente convergentes, entre cotas de 1.000 e 700 m.

Regionalmente verifica-se que a evolução geomorfológica da área de estudo reflete indícios dos ciclos evolutivos propostos nos estudos mencionados. Contudo, cabe destacar que boa parte da dinâmica evolutiva proposta apresenta idades inferidas, associadas ao arcabouço geológico e observações de campo recolhidas em trabalhos realizados na região. Mesmo assim, notou-se que as bases da evolução recente proposta para o relevo, em caráter regional, associada à dinâmica atual, encontra correspondência local, ainda que inferida, como é o caso dos topos das chapadas que corresponderiam a um nível dos sucessivos eventos de aplainamento.

## 8.4 - Contexto local

A geomorfologia local é descrita separadamente para as estruturas do complexo minerário e adutora do Projeto Vale do Rio Pardo. Considerou-se no estudo as unidades geomorfológicas, os modelados e formas cujas ocorrências foram identificadas em campo, no contexto das áreas de estudo das estruturas do empreendimento.

Conforme já mencionado, as campanhas de campo confirmaram a geomorfologia regional proposta pelos estudos apresentados no item anterior. O relevo local identificado é composto predominantemente por extensas chapadas, ligeiramente basculadas para leste e recortadas por zonas de intensa dissecação fluvial.

Os rebordos erosivos dessas chapadas correspondem à transição entre os topos aplanados e os vales encaixados, configurando muitas vezes escarpamentos rochosos. Nos vales ocorrem feições elaboradas tanto sobre depósitos de material coluvionar, quanto sobre depósitos de material eluvionar. Esses materiais conformam as colinas que surgem nos patamares intermediários das vertentes locais, em meio a afloramentos pontuais de rocha.

A seguir é apresentada a descrição da compartimentação do relevo nas áreas de estudo das estruturas do Projeto Vale do Rio Pardo, com a descrição da área de estudo do complexo minerário e, na sequência, da adutora.

### 8.4.1 - Complexo Minerário - Bloco 8

A área de estudo do complexo minerário, denominada de Bloco 8, insere-se na sub-bacia do córrego Lamarão, afluente da margem direita do rio Vacaria. Essa área abrange todas as microbacias onde estão projetadas as estruturas do Bloco 8 (cava, barragem de rejeitos, barragens de água, unidade industrial, vias e demais estruturas de apoio), a saber: córrego Capão da Onça, córrego Capão do Meio, córrego da Batalha, córrego da Nem, córrego do Vale, córrego Mundo Novo e parte do córrego Lamarão (desde sua nascente até a confluência com o córrego Jibóia).

Além dessas microbacias, ainda foram incluídas as microbacias do córrego Jibóia e do córrego D'água, ambos afluentes do córrego Lamarão - margem esquerda e direita, respectivamente. O deságue de ambas essas microbacias ocorre à jusante da área pretendida para a implantação das estruturas minerárias.

No contexto da sub-bacia do córrego Lamarão observa-se a compartimentação da área de estudo em duas unidades geomorfológicas: os topos das chapadas, que correspondem às superfícies de aplanamento (A), e os vales, que representam formas de dissecação fluvial (F). Através de uma análise mais detalhada, são observadas dentro dos limites dos vales feições do tipo colinas confinadas por escarpas associadas aos processos de dissecação fluvial.

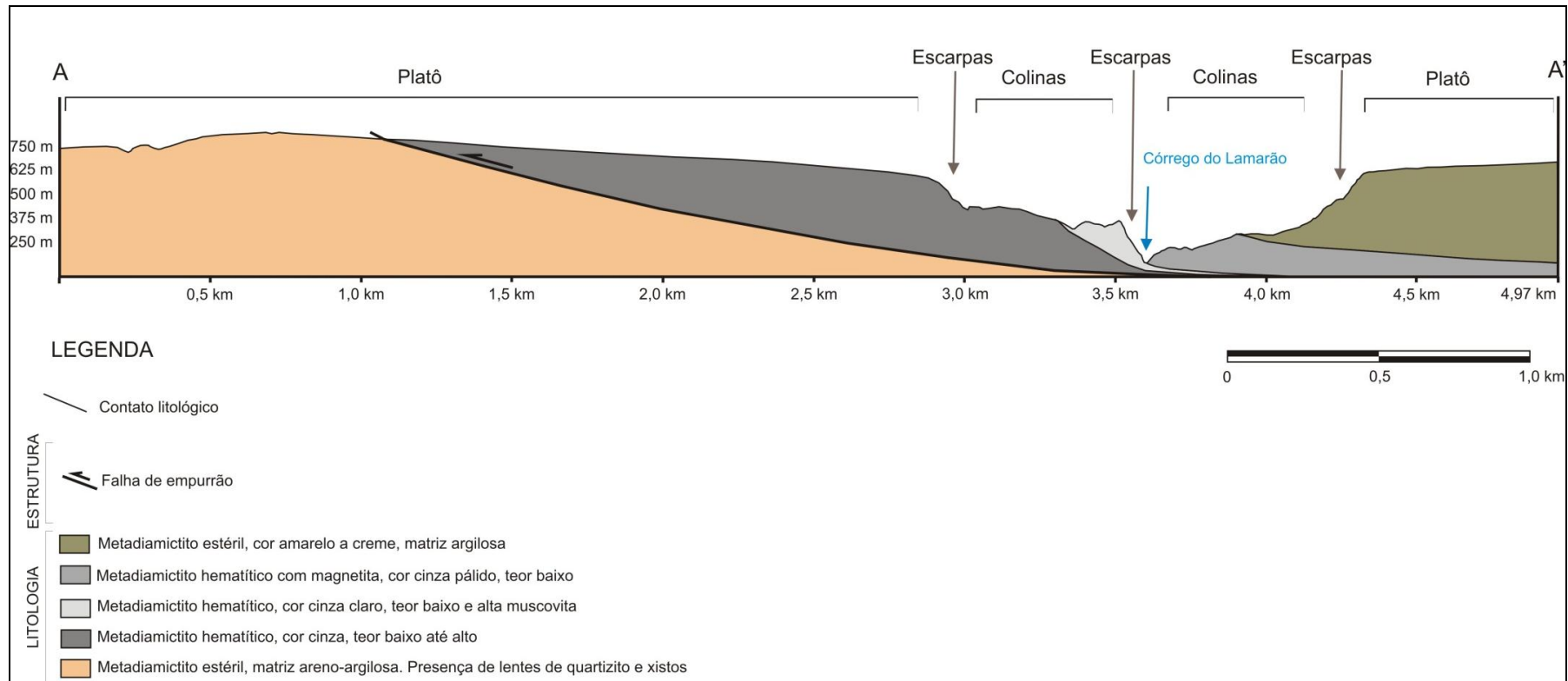
#### **8.4.1.1 - Área pretendida para a implantação da cava**

A área onde será implantada a cava abrange as duas unidades geomorfológicas citadas (topos de chapadas e vales), subdivididas localmente entre feições de platô, vales, colinas e escarpas, estas duas últimas distribuídas dentro dos vales.

O limite projetado da cava corresponde à maior parte da área diretamente afetada pelo empreendimento e tem sua dimensão predominante no sentido norte-sul (Foto 8.1), seguindo o vale do córrego Lamarão, avançando lateralmente a oeste pelo vale do córrego Mundo Novo. Destaca-se que, principalmente nos primeiros anos do desenvolvimento da mina, a cava irá progredir sobre o platô que divide as principais drenagens locais - córrego Capão da Onça, Capão do Meio e cabeceira do Lamarão (a sul) e córrego Mundo Novo (a norte), conforme apresentado no Anexo 01 ( Mapa Área de Estudo - Complexo Minerário). No Anexo 11 (Mapa Geomorfológico - Complexo Minerário) é apresentado o mapa geomorfológico da mina.

O desnível entre a parte mais alta e a mais baixa do relevo na área da futura cava chega a, aproximadamente, 140 m. No topo do platô a cota atinge de cerca de 940 m, enquanto que no talvegue do córrego Lamarão, em seu médio curso, a cota média fica em torno de 800 metros, conforme mostra o perfil topográfico a seguir, figura 8.3. No Anexo 12 (Mapa Hipsométrico - Complexo Minerário) está o mapa hipsométrico do complexo minerário.

**FIGURA 8.3 - Perfil topográfico e geológico oeste e leste**





**Foto 8.1 - Visão geral de NE para SW do vale do córrego Lamarão na área pretendida para a cava.**

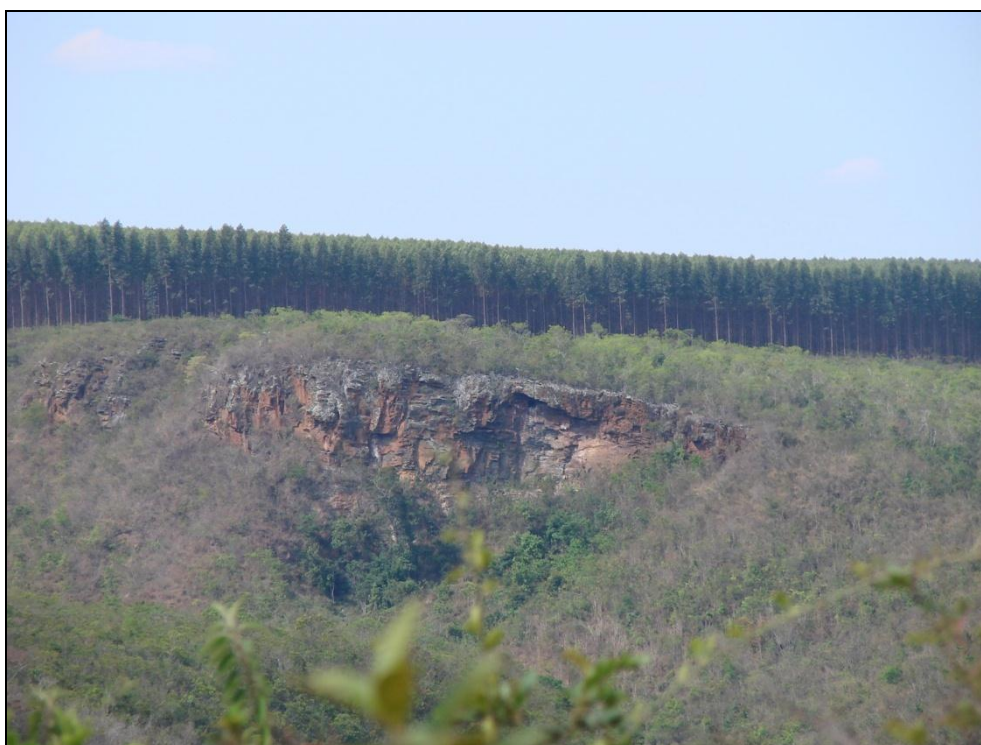
Os grandes desníveis identificados na borda do platô na área projetada para a cava (Foto 8.2) se prolongam em direção ao sul, tornando-se mais notáveis no trecho que o leito do córrego Lamarão passa da direção oeste-leste e inflete para o norte. Este segmento apresenta vertentes escarpadas na borda do platô, margem esquerda do córrego Lamarão, onde se observa a ocorrência de elevadas declividades em feições escarpadas em afloramentos de metadiamicititos e coberturas elúvio-coluvionares.





**Foto 8.2 - Visão de sul para norte da margem esquerda do córrego Lamarão, na borda sul da área projetada para a cava. Notar o desnível topográfico acentuado (tracejado vermelho ~120 m) entre o fundo e o topo do vale neste segmento.**

Dadas as características geológicas da área de estudo, observa-se o forte condicionamento estrutural sobre o relevo, fator que fica bem evidente na orientação das drenagens por falhas e fraturas geológicas, como ocorre no vale do córrego Lamarão. Vários trechos escarpados originados por processos de dissecação fluvial e erosão diferencial relativamente recentes (Foto 8.3) estão, em geral, associados diretamente a linhas de fraturas e falhas.

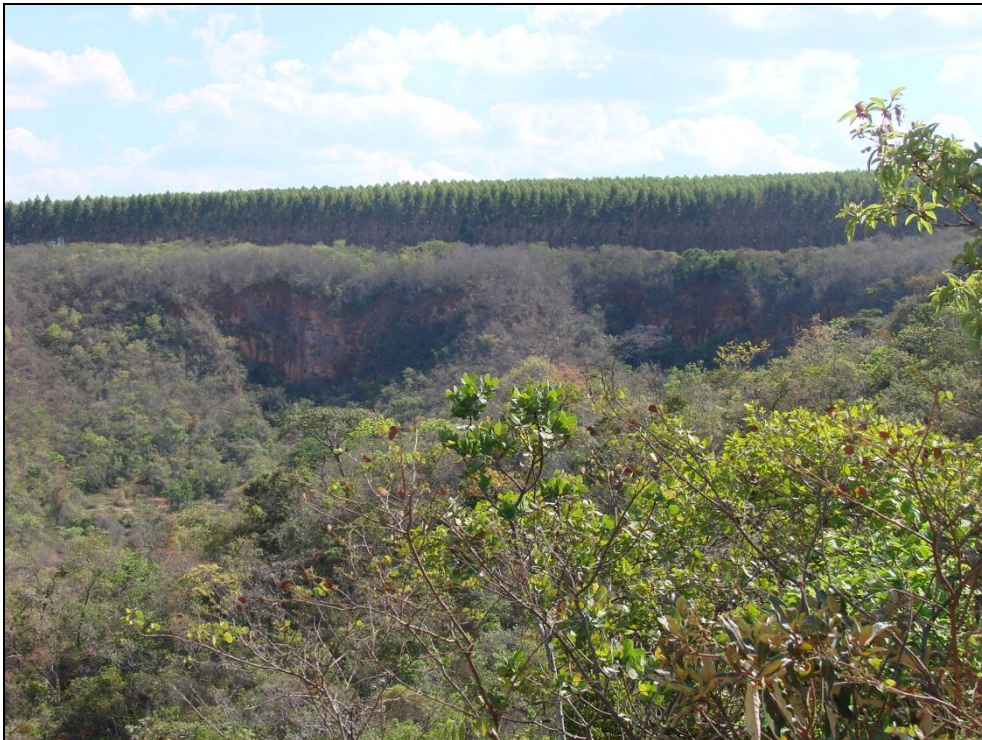


**Foto 8.3 - Escarpa situada na borda do vale do córrego Lamarão nos limites da área pretendida para a implantação da cava.**

O sistema de falhas e fraturas e a diferenciação mineralógica, conjugado à intensa dissecação fluvial, foram os principais agentes que conduziram a gênese e a evolução do relevo local, uma vez que se observa no contexto geológico certa homogeneidade quanto à ocorrência das tipologias de rochas.

Assim, as feições geomorfológicas na área da alta bacia do córrego Lamarão estão diretamente associadas ao entalhamento da drenagem, aproveitando o sistema de falhas e fraturas local, sucedido pelo alargamento do vale e posterior instalação das colinas que marcam trechos representativos do vale. Concomitantemente, ocorreu a constituição da cobertura eluvial e coluvial, esta última resultante dos materiais provenientes dos topos dos platôs.

Os topos dos platôs que circundam o vale, segundo alguns autores (SAADI, 2005) seriam remanescentes da superfície de aplainamento Sulamericana (Foto 8.4).



**Foto 8.4 - Escarpa situada a sudeste da cava no vale do córrego Lamarão. O topo do platô corresponderia, segundo alguns autores, às superfícies de aplanamento associadas à “Superfície Sulamericana”.**

A Foto 8.5 a seguir mostra uma linha de ruptura de relevo de menor dimensão, que corresponde a um patamar do relevo imediatamente sobrejacente ao leito do córrego Lamarão. Esse relevo ocorre em vários trechos das baixas vertentes desse vale.



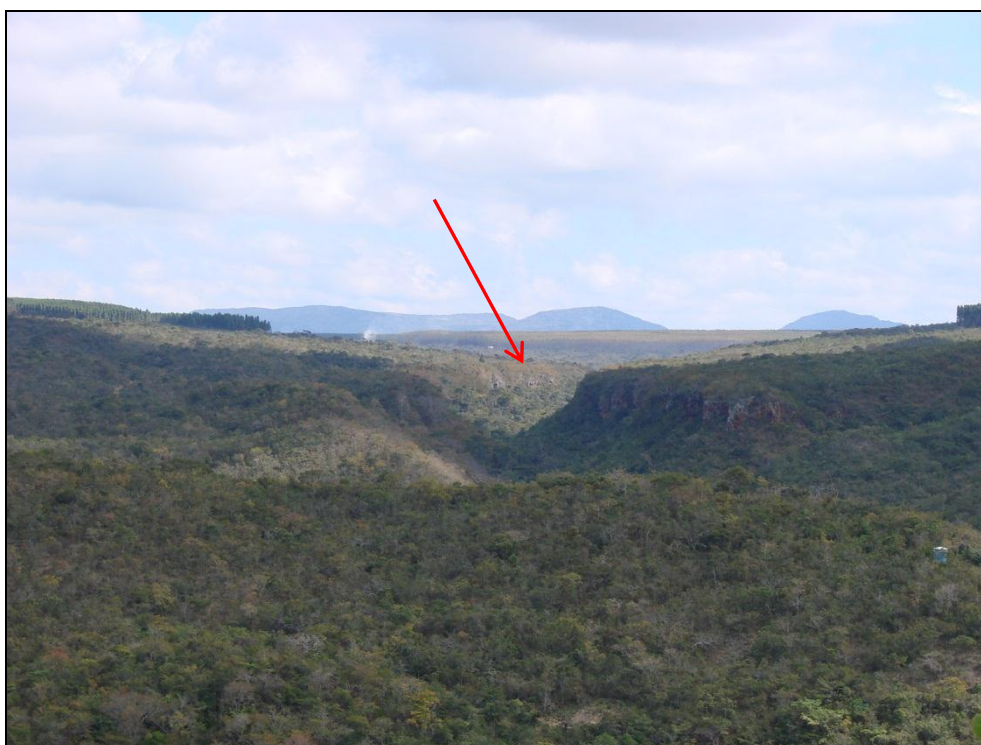
**Foto 8.5 - Patamar restrito com relevo pontualmente suavizado. Margem direita do córrego Lamarão em seu médio curso (área projetada para a cava).**

O compartimento intermediário do vale apresenta feições colinosas com topografia ligeiramente suavizada, desenvolvida acima dos delineamentos rochosos que margeiam o curso d'água (Foto 8.6).



**Foto 8.6 - Segmento colinoso no médio curso do córrego Lamarão, onde se destaca o delineamento aproximado dos afloramentos de rochas adjacentes às margens do leito.**

O desenvolvimento dos vales locais se deu mais em profundidade, por incisão vertical, do que pelo recuo das vertentes. Um dos pontos em que tal situação fica mais evidente é no segmento do final do córrego Mundo Novo, pouco antes deste curso encontrar com o córrego Lamarão, trecho no qual se observa a presença de um pequeno *cânion* com morfologia bastante peculiar (Foto 8.7), no limite norte da área projetada para a cava.



**Foto 8.7 - Ao centro vale do córrego Mundo Novo em seu baixo curso, local a ser afetado pela cava (visão de leste para oeste). Notar os paredões interceptados pelo curso d'água cujo leito principal, indicado pela seta, segue uma falha geológica.**

Portanto, nos limites estabelecidos para a cava, tanto na sub-bacia do córrego Lamarão quanto na microbacia do córrego Mundo Novo, observa-se certa homogeneidade das feições morfológicas, com vertentes pronunciadas conformando uma sucessão de colinas elaboradas pelo entalhamento da drenagem e modelação das espessas coberturas detríticas. Essas coberturas foram acumuladas tanto pelos processos recentes de movimentação (colúvio) quanto pela alteração e deposição dos materiais originados nas próprias vertentes (elúvio).

Nos locais onde a deposição do material é favorecida pela topografia configuram-se rampas mais longas e suaves (Foto 8.8). Nos trechos onde a topografia é mais acidentada surgem feições mais destacadas que compreendem segmentos fortemente ondulados e escarpados.



**Foto 8.8 - Porção norte da área de estudo próximo à comunidade de Lamarão. Ao fundo é possível notar que as baixas vertentes apresentam longas rampas suavizadas, localmente, em função do vale mais aberto neste trecho.**

As escarpas predominam nas bordas superiores do vale, sendo sustentadas pelos afloramentos mais preservados de metadiamicritos, rocha de maior predomínio na área de estudo. A composição dessa rocha em relação ao teor do minério (hematita/magnetita) varia nesses afloramentos. Em alguns pontos o metadiamicrito foi classificado pela prospecção geológica como estéril, apresentando-se com menor teor de ferro e maior grau de alteração.

A porção central da cava corresponde a um extenso e homogêneo platô, com declividades suaves que aumentam em direção às bordas. Estas são marcadas por um contato abrupto na transição para os vales (Foto 8.9), por vezes coincidente com os afloramentos de rocha com um menor grau de intemperismo que sustentam o platô.



**Foto 8.9 - Próximo à borda, o platô tem quebra abrupta em direção ao fundo do vale conformando paredões sustentados por afloramentos de rocha. Vista de oeste para leste do limite sul pretendido para a lavra.**

Na borda leste dos limites projetados para a cava as escarpas são bem marcadas, sendo possível relacionar diretamente a linha de ruptura do relevo aos afloramentos de metadiamicritos (Foto 8.10).

O topo do platô onde ocorrerá o desenvolvimento da cava se estende em direção a oeste, correspondendo localmente à unidade das chapadas (CETEC, 1982).





**Foto 8.10 - Vale de tributário da margem direita do córrego Lamarão com vertentes escarpadas, com topos sustentados pela maior resistência pontual da rocha.**

#### **8.4.1.2 - Área industrial, instalações administrativas e barragem de água**

A área destinada à implantação da unidade industrial e instalações de apoio está inserida no extenso platô que divide os vales do córrego Capão do Meio, córrego da Onça e córrego Lamarão (a sul) do vale do córrego Mundo Novo (a norte), conforme pode ser visto no mapa geomorfológico (Anexo 11).

Esta extensa superfície plana se prolonga em direção a oeste até as proximidades do vale do córrego Jiboia. As declividades no topo do platô principal e naqueles adjacentes à área industrial são baixas, crescendo gradativamente em direção aos vales (Foto 8.11).



**Foto 8.11 - Visão parcial da área onde será implantada a unidade industrial. A mesma apresenta inclinação suave, tanto para o norte quanto para o sul.**

As áreas aplainadas dos platôs coincidem com os espaços ocupados pelo cultivo de eucalipto e pinus na área de estudo, cujos limites chegam próximo às linhas de quebra do relevo (Foto 8.12). Isto ocorre com o objetivo de aproveitamento máximo das áreas onde é possível a utilização de maquinário. Além disto, a declividade suave nesses setores favorecem o processo de pedogênese, ocasionando o desenvolvimento de solos profundos como os Latossolos, melhor estruturados para práticas agrossilviculturais.



**Foto 8.12 - Plantio de eucalipto em platô junto ao acesso da área diretamente afetada do Complexo Minerário.**

A homogeneidade do relevo com a compartimentação básica em duas unidades - chapadas e vales, estes com segmentos colinosos e escarpados, se mantém por toda a área de estudo das estruturas industriais e de apoio, denotando formas morfológicas pouco diferenciadas, mas que no conjunto são representativas do contexto oriental da Serra do Espinhaço (Foto 8.13).



**Foto 8.13 - Visão de leste para oeste da área pretendida para a implantação da unidade industrial, ao fundo a Serra da Bocaina, trecho da Cordilheira do Espinhaço.**

As formas morfológicas aplainadas se mantêm por toda a região próxima aos interflúvios dos vales dos córregos Capão do Meio, Capão da Onça, Lamarão e Batalha, que drenam o limite sul da área de estudo. Nesta porção a morfologia é ainda mais homogênea, apresentando baixas declividades que só se tornam maiores junto aos talwegues encaixados no substrato rochoso.

As vertentes possuem pouca rugosidade ao longo dos platôs, configurando rampas longas. É nesta porção que a área de estudo é cortada pela rodovia BR 251 (Foto 8.14), que servirá de acesso ao futuro empreendimento.



**Foto 8.14 - Extenso platô, por onde passa a BR-251, que corresponde às cabeceiras das principais drenagens situadas no extremo sul da área de estudo, inclusive a do córrego Lamarão.**

Seguindo no sentido leste, paralelo à BR-251, observa-se a grande extensão do platô que representa localmente a unidade das chapadas descrita por CETEC (1982) e Saadi (1995). A planitude deste segmento da área de estudo só é quebrada pelos canais dos contribuintes dos referidos córregos, que se direcionam para nordeste e leste, em geral, percorrendo linhas de fraturas e falhas que contribuem para o direcionamento e entalhamento bem definido da drenagem local (Foto 8.15).



**Foto 8.15 - Trecho colinoso no alto curso do vale do Lamarão junto à transição dos platôs para a unidade das colinas.**

As superfícies das chapadas, que constituem a maior parte da área onde se pretende instalar a unidade industrial e administrativa, são levemente basculadas em direção aos vales e contrastam na paisagem com a elevação da Serra da Bocaina (Foto 8.16), distante cerca de seis quilômetros em linha reta da área de estudo. A Serra, trecho da cordilheira do Espinhaço, tem os pontos mais altos da região, atingindo até 1.300 m, e seria um remanescente da “Superfície de Aplanamento Sulamericana”.



**Foto 8.16 - Visão geral do platô onde se pretende locar as estruturas industriais e administrativas do Complexo Minerário; ao fundo, em contraste, a Serra da Bocaina.**

Pela interpretação do mapa geológico local é possível notar o forte condicionamento do relevo pelo sistema de falhas e fraturas nos altos cursos dos vales dos córregos do Meio, Capão da Onça, Lamarão e Batalha. Nesse segmento, as drenagens principais apresentam padrão retangular a retilíneo, estando direcionadas em sentido geral aproximado SW-NE.

O relevo plano que configura os platôs torna-se suave ondulado nas médias e baixas vertentes, ligeiramente basculadas em direção aos talwegues. Bem próximo aos cursos d'água verifica-se uma quebra bem delimitada do relevo, resultado do encaixe dos leitos, em geral, diretamente sobre as rochas e seguindo as linhas de falhas e fraturas. Tal feição pode ser bem evidenciada no córrego Lamarão logo a montante da área do empreendimento, onde há uma barragem de água que abastece as estruturas de uma fazenda voltada para a atividade de silvicultura (Foto 8.17).



**Foto 8.17- Barragem no leito do córrego Lamarão, próxima a sua cabeceira, ao fundo é possível notar o relevo suave-ondulado que caracteriza este trecho; logo a jusante o leito do curso d'água torna-se mais encaixado.**

Próximo deste trecho, a jusante, o condicionamento estrutural torna-se mais evidente, conformando um relevo mais rugoso. É nesta porção do vale que ficará uma das barragens de água do complexo minerário, a qual terá a finalidade de abastecer a planta de beneficiamento e o mineroduto, e que receberá adução de água a partir da barragem de Irapé, além de garantir a regularização do curso d'água a partir da acumulação de água no período chuvoso (Foto 8.18).





**Foto 8.18 - Vale do córrego Lamarão no trecho onde deverá ser implantada uma das barragens de água do projeto (ponto aproximado indicado pela seta).**

No mesmo contexto, em local limítrofe à área industrial e às instalações de apoio, se inserem as médias vertentes das cabeceiras dos córregos Capão da Onça e Capão do Meio, que se encontram envoltas pelos mencionados platôs e que apresentam pequena variação altimétrica em torno das suas cotas mais elevadas. Seguindo o padrão das vertentes locais, observa-se que, à medida que se avança em direção aos fundos dos vales, o relevo torna-se mais acidentado, apresentando vertentes declivosas já a partir da média encosta (Foto 8.19).



**Foto 8.19 - Visão geral do vale do córrego Capão da Onça que apresenta uma sucessão de colinas imediatamente subjacente aos limites dos platôs que o cercam.**

Portanto, no conjunto dos vales da porção sul da área de estudo, como o córrego Capão da Onça, o córrego Capão do Meio, o córrego Lamarão e o córrego da Batalha, a evolução morfológica resultou em vertentes de geometria retilínea a côncavo-convexa, com caimento suave nos topos, tornando-se maior nas médias e baixas vertentes, local onde quase sempre se observa um patamar rochoso antes dos leitos principais das drenagens.

#### **8.4.1.3 - Barragem de rejeitos e pilha de material estéril**

A barragem de rejeito e a pilha de material estéril inserem-se no vale do córrego Mundo Novo, ocupando as áreas de suas cabeceiras, a montante da área da cava.

No vale do córrego Mundo Novo estão presentes dois segmentos de relevo distintos ao longo de seu perfil longitudinal. Nas suas cabeceiras, onde se pretende implantar a barragem e a pilha, as vertentes são levemente onduladas e o vale aberto (Foto 8.20), enquanto que na área a ser ocupada pela cava o vale é mais encaixado.



**Foto 8.20 - Cabeceira do vale do córrego Mundo Novo, vista de SE para NW, onde se observa uma morfologia mais suave, se comparado ao seu médio e baixo curso.**

O padrão ondulado que caracteriza as feições de colinas nas médias vertentes é gradativamente substituído por feições escarpadas, logo a jusante da área projetada para a barragem.

Assim a partir de seu médio curso o leito do córrego se aprofunda e se estreita, fato provavelmente relacionado à maior resistência pontual das rochas, o que configura um pequeno cânion (Foto 8.21). A diferença entre os dois trechos também fica evidenciada através do padrão apresentado pela rede de drenagem. Enquanto o alto curso do córrego Mundo Novo apresenta, predominantemente, o padrão dendrítico, o médio e baixo curso apresentam padrão retilíneo a retangular, o que inclui o leito principal e o de seus tributários.

O mapeamento geológico da área do complexo minerário, em escala de detalhe (1:10.000), permite associar a morfologia do vale a duas litologias: metadiamicítico estéril com lentes de quartzitos e xistos, próximo às cabeceiras principais; e metadiamicítico hematítico, no médio e baixo curso do Mundo Novo. A análise do mapa geológico ainda permite evidenciar o condicionamento estrutural da drenagem pelo sistema de falhas, que repercutem nas feições tanto do leito principal do Mundo Novo, quanto no de seus tributários, todos bastante encaixados. O vale encontra-se em geral com a vegetação preservada e com a presença de muitos afloramentos.



**Foto 8.21 - Trecho final do vale do córrego Mundo Novo, a jusante da barragem. Ao fundo observa-se o cânion formado pela secção do curso de água, que acompanha uma falha geológica.**

Em relação à tipologia e evolução das vertentes, à medida que se avança em direção ao fundo do vale, elas se tornam mais declivosas, ocorrendo sobre o material detrítico-eluvionar que recobre a maior parte das vertentes locais. Essas vertentes são seccionadas pelo encaixe da drenagem principal e de seus tributários.

No contexto do alto curso do córrego Mundo Novo, a morfogênese relativamente recente resultou num relevo “jovem” e pouco evoluído, onde as feições morfológicas apresentam trechos com quebras pouco representativas, sobre rampas de material detrítico e eluvial em grande parte inconsolidado.

A área pretendida para a implantação da barragem de rejeitos e da pilha de material estéril insere-se, quase integralmente, sobre feições colinosas dissecadas. As vertentes, nesse trecho do vale do córrego Mundo Novo, apresentam caimento um pouco mais suave em direção às drenagens, quando comparado às outras áreas do vale (Foto 8.22).



**Foto 8.22 - Vale do Mundo Novo em sua cabeceira, onde há um pequeno barramento. As vertentes deste trecho apresentam rampas um pouco mais suaves próximo ao talvegue.**

#### **8.4.1.4 - Barragem de água e segmento sudeste da área de estudo**

No empreendimento Vale do Rio Pardo são previstos três barramentos, sendo um de água exclusivo para abastecimento urbano do Vale das Cancelas, estrutura que deverá ser operada pela concessionária de água local. Os dois outros barramentos projetados para o empreendimento correspondem à barragem de rejeitos, situada na cabeceira do córrego Mundo Novo, e a barragem de água situada no córrego Lamarão, em seu curso superior. Estes dois últimos acumularão a água que será usada no complexo minerário e industrial do projeto.

A barragem de água está inserida na microbacia do córrego do Vale, afluente da margem direita do córrego Lamarão em seu alto-médio curso, pouco a jusante de outro importante contribuinte da sub-bacia do Lamarão: o córrego do Vale, situado adjacente ao vale da Nem, e que corresponde ao extremo sudeste da área de estudo.

Tanto o vale do córrego da Nem, quanto o do córrego do Vale apresentam feições morfológicas escarpadas e colinosas, bordejadas pelos platôs que limitam a área de estudo, a sul e a leste, bem próximo ao povoado do Vale das Cancelas (Foto 8.23).



**Foto 8.23 - Visão parcial do vale do córrego do Vale, de sul para norte, próximo ao povoado do Vale das Cancelas.**

As bordas do platô são marcadas por linhas de ruptura do relevo, associadas em geral à presença de rochas menos alteradas, que sustentam estes patamares, segregando os topos das chapadas dos vales (Foto 8.24).



**Foto 8.24 - Topos sustentados por rochas menos alteradas constituem, em geral, o padrão da transição dos platôs para os vales da área de estudo.**

O córrego do Vale possui sentido principal sul-norte, sendo que sua nascente encontra-se próxima à rodovia BR 251. O seu alto curso é bastante estreito e encaixado, apresentando declividades médias elevadas, com vertentes conformando o perfil típico de vales em “V”. Próximo à confluência com o córrego Lamarão o vale se torna mais largo, predominando as feições colinosas. Em geral, a vertente leste do vale é ligeiramente mais escarpada que a vertente oeste, que se apresenta um pouco mais suave no médio curso, sem grandes linhas de rupturas do relevo (Foto 8.25).



**Foto 8.25 - Trecho da cabeceira do córrego do Vale. Na vertente oeste a transição do platô para as colinas é um pouco mais suave do que na vertente oposta.**

O vale do córrego da Nem apresenta suas cabeceiras bastante escarpadas e colinas mais declivosas, refletindo a continuação do limite leste do vale do médio Lamarão, segmento onde as rupturas do relevo são expressivas. As colinas que dominam as médias e baixas vertentes possuem amplitude considerável, indicativo da morfologia bem movimentada, suavizada em direção a oeste, rumo ao curso do córrego Lamarão (Foto 8.26).





**Foto 8.26 - Vale colinoso do córrego da Nem, junto ao encontro com o vale do córrego Lamarão.**

São comuns em leitos dos córregos locais as soleiras estruturais (Foto 8.27), rochas mais resistentes cortando transversalmente o curso d'água, que formam em pontos isolados pequenas quedas de água. Além do controle estrutural do relevo em si, tal fato evidencia a relação direta entre a presença de fraturas e falhas e os patamares do relevo local.



**Foto 8.27 - Afloramento no leito do córrego do Vale próximo a sua nascente, constituindo uma pequena soleira estrutural.**

#### **8.4.1.5 - Microbacias do córrego Jibóia e do córrego D'água**

As microbacias do córrego Jibóia e córrego D'água são contribuintes de 1ª ordem do córrego Lamarão e correm paralelas ao leito principal deste córrego, desaguardando neste cerca de 2 km a jusante do local onde será instalado o empreendimento.

Essas duas microbacias foram inseridas na área de estudo do complexo minerário com o objetivo de contextualizá-las do ponto de vista geomorfológico. No entanto, ressalta-se que as atividades do projeto não irão atingir estas microbacias, por isso sua caracterização será feita de maneira sucinta neste subitem.

A microbacia do córrego Jiboia tem suas principais cabeceiras localizadas no limite oeste da área de estudo (Foto 8.28), a noroeste do acesso principal à área do Projeto Vale do Rio Pardo. As altitudes do vale variam entre 950 e 740 m, sendo que o gradiente longitudinal da microbacia é bastante suave.



**Foto 8.28 - Vista parcial do platô próximo à cabeceira do córrego Jibóia, no acesso ao empreendimento; ao fundo a Serra da Bocaina.**

O desenvolvimento do vale se dá predominante de sul para norte, sendo que no seu médio curso o seu leito se direciona para leste até atingir o vale do córrego Lamarão. A partir deste trecho começa uma sucessão de colinas com vertentes mais pronunciadas, padrão semelhante ao encontrado no vale do córrego Lamarão.

O vale do córrego Jibóia é separado dos vales da área diretamente afetada do complexo minerário pelos topos dos platôs locais, com vertentes muito abertas, declividades baixas e rede de drenagem pouco densa e pouco encaixada.

Portanto, o vale do Jibóia se assemelha ao do Lamarão somente no seu baixo curso, já na confluência das duas drenagens.

O vale do córrego D'água corre perpendicularmente ao do Lamarão, bem próximo aos limites norte da cava e da área de estudo. Suas características morfológicas são semelhantes às do vale do córrego Lamarão, com relevo colinoso delimitado pela borda do topo do platô, que marca o extremo leste da área de estudo. Nas baixas vertentes observam-se superfícies menos acidentadas (Foto 8.29), sobretudo em seu baixo curso, próximo à confluência com o córrego Lamarão.



**Foto 8.29 - Segmento colinoso do vale do córrego D'água, próximo ao córrego Lamarão.**

As escarpas e as partes mais altas das colinas apresentam formas de anfiteatros, emolduradas por cristas paralelas. O vale é bastante encaixado com orientação nítida da rede de drenagem por fraturas e falhas geológicas de direção geral SE-NW. As altas colinas possuem topos levemente arredondados, com vertentes côncavo-convexas, onde são observadas coberturas elúvio-coluvionares.

Quanto à evolução da microbacia do córrego D'água, o relevo foi trabalhado pela erosão diferencial e apresenta indícios da atuação dos processos tectônicos do Cenozóico.

Os vales do córrego D'água e do Lamarão se encontram perto da confluência do córrego Mundo Novo, situado a oeste do córrego Lamarão no ponto em que este último apresenta seu segmento mais aberto na área de estudo.

#### **8.4.2 - Adutora**

A adutora que irá suprir a demanda de água do complexo minerário tem o marco inicial de seu traçado às margens do lago da Usina Hidrelétrica de Irapé (Foto 8.30), no vale do rio Jequitinhonha, município de Grão Mogol.



**Foto 8.30 - Vale do rio Jequitinhonha com destaque para o lago da usina de Irapé, ponto inicial da adutora.**

Dentre os grandes tipos de unidade de relevo identificados na área de estudo da estrutura, definidos por Saadi (1995), o traçado da adutora corta dois principais: o “Tipo Chapadas” que agrega as unidades de relevo entre as cotas 750 e 1.000 m e ocupa a maior parte da área; e o “Tipo Vales e Terraços Quaternários” que ocorre onde a drenagem encontra-se mais encaixada, incluindo-se o vale do rio Jequitinhonha, a sul e sudoeste da área, entre as cotas de 350 e 750 m. No Anexo 13 (Mapa Hipsométrico - Adutora) é apresentado o mapa hipsométrico da área de estudo da adutora e o Anexo 14 (Mapa Geomorfológico - Adutora) corresponde ao Mapa geomorfológico local da adutora.

As chapadas correspondem à unidade na qual se encontra a maior parte do traçado da adutora. Entre as cotas de 750 e 1.000 m observa-se um relevo muito plano sobre rochas xistosas e metadiamictíticas que permitiu o desenvolvimento de solos bastante profundos. Estas áreas alternam-se com zonas dissecadas que acompanham os rios principais e seus afluentes, onde predominam vertentes ravinadas e vales encaixados (CETEC, 1982).

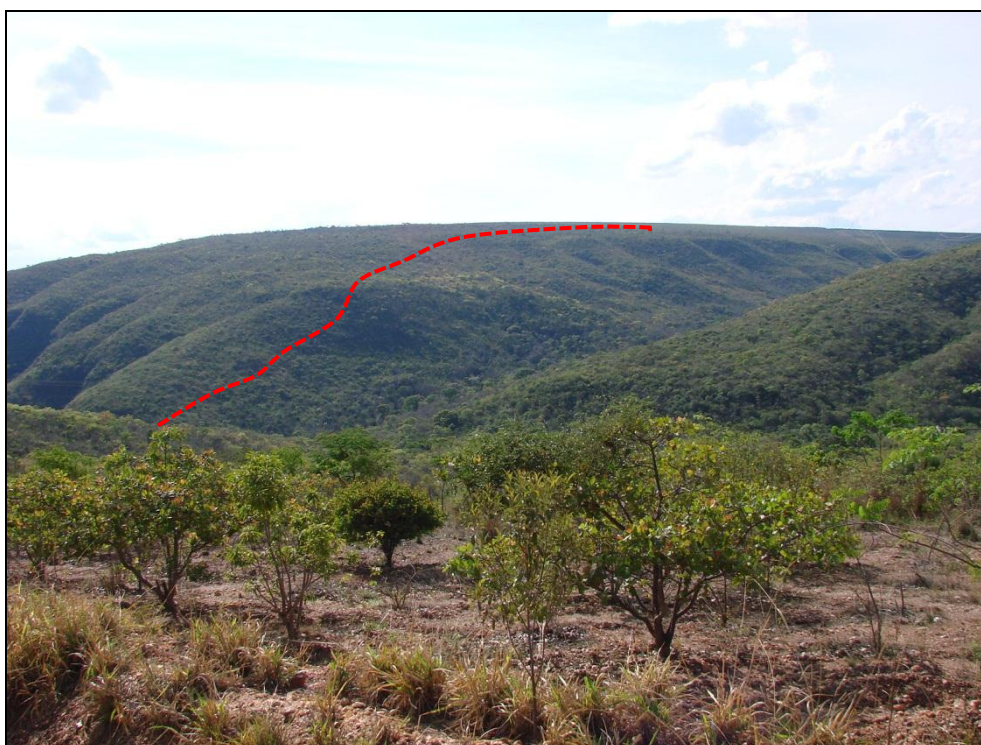
Antes de atingir o patamar das chapadas, ainda no trecho inicial, a adutora vencerá um grande desnível (350 m) originado pelo encaixe incisivo do rio Jequitinhonha, principal drenagem de toda a área de estudo do empreendimento na região. O espelho d’água formado pelo lago modificou diretamente a morfologia e hidrologia local, sendo que o barramento da usina foi edificado num dos pontos mais estreitos e delineados do vale principal, logo a jusante da confluência com o rio Itacambiruçu (Foto 8.31).



**Foto 8.31 - Rio Jequitinhonha imediatamente a jusante do barramento de Irapé, segmento confinado entre paredões.**

Um dos efeitos locais observados em decorrência à instalação da barragem de Irapé é a atuação da erosão nas margens do lago, em função das pequenas ondulações que surgem no espelho d'água do reservatório. Com o barramento houve uma alteração no nível de base local, o que tende a reduzir toda a dinâmica dos processos relacionados à esculturação do relevo associada aos fatores fluviais locais.

Parte dessa alteração morfodinâmica deve ter tido o reflexo de redução dos processos morfodinâmicos no primeiro vale interceptado pelo eixo da adutora, o do córrego Paulista, que conforma uma drenagem intermitente. É neste vale que se iniciará o percurso da adutora vertente acima, estando a mesma delineada entre o talvegue e a vertente ocidental do vale (Foto 8.32).



**Foto 8.32 - Vertente pronunciada que o traçado da adutora irá vencer logo no começo de seu percurso (indicação aproximada em vermelho).**

A morfologia enrugada do vale do rio Jequitinhonha demonstra o quão o mesmo foi entalhado pelo sistema de drenagem pluvial que conformou alguns sinais em sua superfície, como sulcos sobre a espessa cobertura elúvio-coluvionar que caracteriza suas vertentes. As altas declividades são evidências também do forte condicionamento tectônico local, associado aos processos de entalhamento da drenagem principal (rio Jequitinhonha). A adutora sairá do nível do reservatório de Irapé topo do platô adjacente, que configura um segmento das extensas chapadas que margeiam o vale naquele trecho.

Vencido o grande obstáculo topográfico representado pelos vales do rio Jequitinhonha e de seu pequeno tributário da margem esquerda (córrego Paulista), o traçado seguirá pelo topo do platô, na unidade morfológica das Chapadas (Foto 8.33). Ao longo do restante de toda sua extensão, a adutora perpassará poucos obstáculos morfológicos ao longo de seu traçado, uma vez que o mesmo se manterá em cotas elevadas e pouco discordantes até o seu final, já na área do Complexo Minerário, Bloco 8.



**Foto 8.33 - Aspecto típico das feições dos platôs, relacionados à unidade das chapadas.**

A monotonia do relevo local só é quebrada por vales encaixados, a maioria de expressão pouco representativa, ligeiramente suspensos em relação às principais drenagens regionais (Foto 8.34), que delimitam as bordas das chapadas a oeste e a leste.





**Foto 8.34 - Vale suspenso na borda do platô, interceptado pelo traçado da adutora, logo após se atingir as cotas mais elevadas da unidade das chapadas.**

Dentre os cursos d'água que cercam os platôs pelos quais a adutora passará, destacam-se os rios Ventania e o Itacambiruçu, a oeste, e o ribeirão Santana, a leste, todos convergindo para o rio Jequitinhonha, limite sul da área de estudo.

Os vales atravessados pelo eixo da adutora possuem declividades relativamente moderadas, abarcando as cabeceiras de contribuintes de 2ª ou 3ª ordens das drenagens principais. Tais vales apresentam quedas muitas vezes suavizadas próximo à área de estudo da adutora, onde as cotas distribuem-se entre o intervalo de 500 e 1000 m de altitude.

As superfícies que compreendem os topos das chapadas têm sua gênese associada à existência da extensa superfície de aplanamento identificada na borda leste da Serra do Espinhaço, bem definida pelo trabalho do CETEC (1982). É sobre esta unidade que segue a maior parte do traçado da adutora (Foto 8.35), havendo incidência pontual de pequenas depressões, algumas associadas à rede de drenagem local.



**Foto 8.35 - Topo de extenso platô por onde a adutora seguirá em seu médio percurso. Vista de norte para sul, aproximadamente.**

De acordo com o mapeamento do CETEC (1982), o segmento médio do eixo corresponde ao topo das chapadas, unidade inserida no Planalto do Jequitinhonha, conjunto representado localmente pelas extensas superfícies de aplainamento, relacionadas a um nível inferior da Superfície Sulamericana.

Ainda no meio do percurso, as áreas aplainadas são limitadas por rebordos erosivos nem tanto marcados como em outros trechos, que ocorrem em cotas acima de 900 m e representam a abrupta transição dos platôs para as zonas dissecadas que conformam os vales seccionados pelo traçado da adutora.

Nos vales verificam-se vertentes ravinadas e colinas elaboradas sobre coberturas elúvio-coluviorares, com espessura variável.

No limite mais externo das chapadas, que ultrapassa a área de estudo, verifica-se a presença de áreas rebaixadas caracterizadas por sucessivas colinas que bordeiam tais unidades (Foto 8.36), incluídas por CETEC (1982) na Depressão do Rio Jequitinhonha. Estas são caracterizadas por não apresentar segmentos da Serra do Espinhaço.



**Foto 8.36 - Ao fundo colinas que formam as médias e baixas vertentes dos vales locais.**

O traçado da Adutora segue paralelo a estrada que liga a Usina de Irapé a BR 251 em boa parte de seu delineamento, apresentando em sua rota pequenas depressões nos platôs uniformes que caracterizam boa parte do relevo próximo ao seu eixo (Foto 8.37).



**Foto 8.37 - Estrada que segue em direção à cidade de Josenópolis e a represa de Irapé, ponto onde a adutora passará à direita (oeste). Notar pequeno declive do terreno ao fundo.**

As cabeceiras dos vales locais interceptados pelo eixo projetado quebram a monotonia do relevo local (Foto 8.38).



**Foto 8.38 - Vale em “V” que é atravessado pela adutora em sua cabeceira.**

Em direção ao norte, o traçado da adutora passa pelos vales do ribeirão Santana e seus afluentes locais: córrego Massal, córrego Jacú, córrego do Onça; e, na sequência, pelos vales contribuintes da sub-bacia do ribeirão Piabanha: córrego do Capão, córrego do Capão Grande, córrego Moquém, córrego Manuel Francisco, córrego do Ouvidor, córrego Mumbuca e córrego da Piteira. Todas as drenagens encontram-se pouco encaixadas nas suas cabeceiras, apresentando vales relativamente abertos com baixas declividades nestes trechos, o que reflete a homogeneidade do relevo associada ao domínio das chapadas (Superfícies de Aplanamento), que se estende até à área do Complexo Minerário.

A exceção fica para o vale principal do ribeirão Santana que apresenta encaixe mais incisivo, local onde foram identificadas duas cavidades junto à área de estudo, foto 8.39.



**Foto 8.39 - Ribeirão Santana encaixado na rocha, a leste da área de estudo da adutora.**

Próximo aos limites do complexo minerário, os contornos da área de estudo da adutora bordejam algumas das cabeceiras do rio Ventania, cujas feições dos vales apresentam peculiaridades em termos de forma, com padrão paralelo raro de drenagem, cujos vales são cercados por escarpamentos pronunciados, margeando as colinas que avançam em direção ao fundo do vale (Foto 8.40).



**Foto 8.40 - Junto ao limite dos vales que cercam o traçado observam quebras bem delimitadas do relevo.**

Nas imediações do povoado do Vale das Cancelas, o traçado da adutora se aproxima da borda do platô local. Neste ponto observa-se que o eixo fica próximo à linha de quebra do relevo (Foto 8.41), ainda que se encontra sobre o domínio das chapadas. Essa quebra de relevo corresponde ao vale incisivo do contribuinte local do rio Ventania.



**Foto 8.41 - Visão parcial do platô junto à linha de quebra do relevo, ao fundo o vale do rio Ventania.**

Após atravessar a BR 251, o eixo da adutora chega aos limites da área de estudo do complexo minerário, especificamente na cabeceira do córrego do Vale, cuja direção sul-norte é bem marcada. A adutora terminará numa área de relevo levemente inclinado para o norte, em direção ao talvegue do vale do Lamarão (Foto 8.42).





**Foto 8.42 - Trecho final da adutora nos limites da área de estudo do Complexo Minerário, cabeceiras do córrego do Vale.**

Na área de estudo da adutora não é comum encontrar estas formas erosivas mais intensas e com maiores dimensões. Contudo, foi identificada uma voçoroca na margem da estrada de Irapé, noroeste da área do empreendimento, estando sua gênese relacionada à abertura da própria via e ao plantio de eucalipto no entorno (Foto 8.43).



**Foto 8.43 - Voçoroca na margem da estrada de Irapé, limite leste da área de estudo.**

As vias que dão acesso à área do empreendimento estão de modo geral conservadas, mas apresentam alguns problemas relativos à erosão. Os focos erosivos, que liberam sedimentos e materiais inconsolidados a serem depositados nos cursos d'água locais, são notados principalmente ao lado das vias, tendo origem através da abertura das mesmas.

As ravinas são encontradas por quase toda a área de estudo, resultado da ação erosiva do fluxo preferencial das águas pluviais correndo sobre o solo exposto (Foto 8.44). Interessante ressaltar que nas glebas onde é realizado o cultivo de eucalipto são instaladas bacias de contenção da água das chuvas, com o objetivo de reduzir a velocidade do escoamento superficial.



**Foto 8.44 - Bacia para contenção do fluxo da água das chuvas, numa gleba onde é realizado o plantio de eucalipto.**

Devido à grande extensão da superfície de aplainamento ao longo do traçado, as feições do relevo estão relativamente protegidas contra a ação da erosão graças à presença de razoável cobertura vegetal proporcionada pelo cultivo de eucalipto, principalmente nos topos das chapadas. A forma de erosão mais comum na área de estudo é a do tipo linear, que pode ser observada principalmente em faixas entre as quadras de eucaliptais, onde se observa a presença de alguns sulcos (Foto 8.45).



**Foto 8.45 - Ravina em estrada que limita eucaliptal, aproximadamente no meio do trecho do traçado.**

## **8.5 - Carta de Declividade**

As cartas de declividade das áreas do complexo minerário e da adutora do Projeto Vale do Rio Pardo encontram-se disponíveis, respectivamente, nos Anexos 15 (Mapa de Declividade - Complexo Minerário) e 16 (Mapa de Declividade - Adutora) do presente estudo.

A elaboração destas cartas se pautou na consideração da classificação das declividades presentes no Código Florestal e na Resolução CONAMA nº 303/2002. A base topográfica utilizada, com curvas de nível de 1 metro obtidas a partir de topografia aerotransportada a laser, foi fornecida pela empresa Sul Americana de Metais - SAM.

A carta de declividades do complexo minerário mostra que as porções mais íngremes do terreno correspondem aos vales fluviais, em especial aos vales dos córregos Lamarão e Mundo Novo, onde está prevista a instalação das estruturas cava, barragens de rejeitos e água e pilha de estéril. O vale do córrego do Vale, que receberá uma barragem de água, também apresenta expressivas declividades. Esses locais íngremes apresentam potencial de instabilidades geotécnicas. As estruturas industriais serão instaladas predominantemente em locais bastante suaves.

A carta de declividades da adutora mostra que o eixo irá atravessar terrenos com declividades baixas a médias (entre 0 e 20°), que se acentuam nas travessias de vales fluviais mais encaixados no relevo. Esses locais são mais sensíveis do ponto de vista da estabilidade.

Ressalta-se que a análise acerca da suscetibilidade erosiva da área do complexo minerário e da adutora será apresentada no capítulo de pedologia.

## **8.6 - Acidentes geográficos**

Acidentes geográficos são variações no relevo que se destacam na morfologia do entorno. Representam feições físicas com características próprias que garantem sua exemplaridade no contexto paisagístico. No presente estudo, os acidentes geográficos foram delimitados com base em levantamentos em campo, imagens de satélite, mapas geomorfológicos e geológicos e cartas de declividade.

A apresentação dos acidentes geográficos no presente relatório será, primeiramente, para a área de estudo do complexo minerário (item 8.4.4.1) e, posteriormente, para a área da adutora (item 8.4.4.2).

### **8.6.1 - Complexo Minerário**

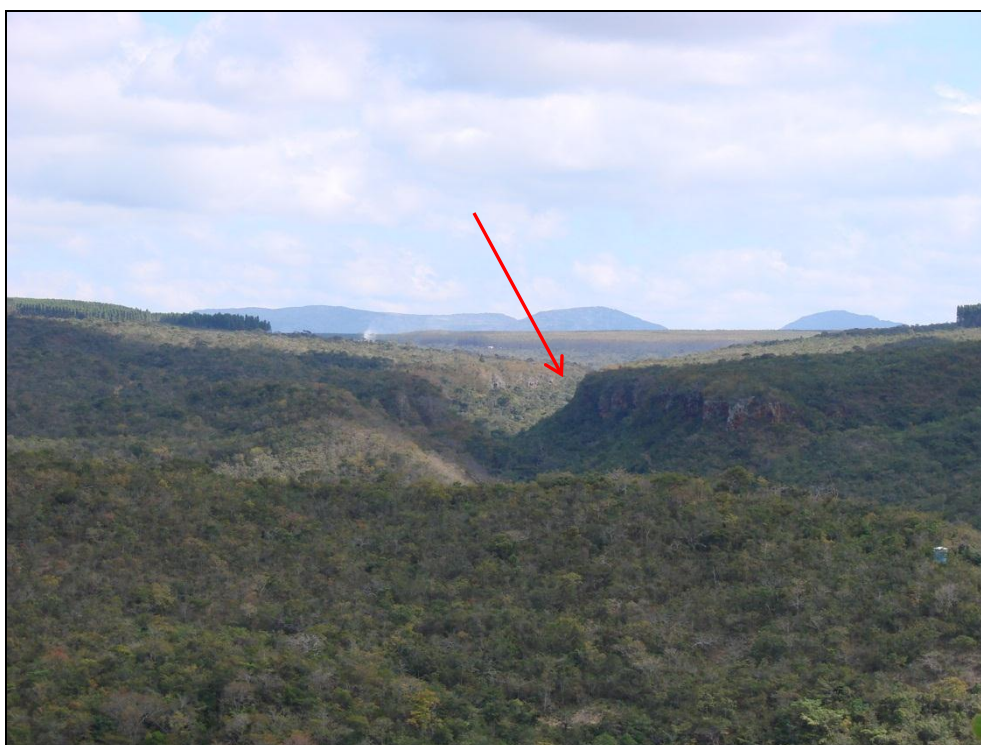
A área de estudo do complexo minerário apresenta duas unidades geomorfológicas: os topos das chapadas (platôs), que correspondem às formas de aplainamento, e os vales, onde ocorrem feições do tipo colinas confinadas por escarpas associadas aos processos de dissecação fluvial, que correspondem às formas de dissecação fluvial.

Na área de estudo foi identificado apenas um acidente geográfico, que se constitui em um cânion no córrego do Mundo Novo, que faz parte do modelado de dissecação com forma escarpada.

#### **8.6.1.2 - Cânion do vale do córrego Mundo Novo**

O cânion se encontra no médio curso do córrego Mundo Novo, onde o vale está encaixado diretamente no substrato rochoso, fato provavelmente relacionado à maior resistência pontual dos metadiamicritos hematíticos, o que o configura como um cânion bem pronunciado.

O cânion do córrego Mundo Novo apresenta pequenas dimensões e alinhamento aproximado oeste-leste (Anexo 07 - Mapa Litológico Local - Complexo Minerário), adaptado em uma sequência de falhas de metadiamicrito hematítico. A drenagem escavou o vale de tal forma que a declividade na área apresenta-se acima de 45° (Anexo 15 - Mapa de Declividade - Complexo Minerário).



**Foto 8.46 - Vale do córrego Mundo Novo em seu médio curso, com indicação do cânion, localizado no limite norte da área projetada para a cava.**

## **8.6.2 - Adutora**

### **8.6.2.1 - Vale do rio Jequitinhonha**

O vale do rio Jequitinhonha (Foto 8.47) está inserido na unidade de relevo do tipo “Vales e Terraços Quaternários” (Saadi *et al.*, 1991b, *apud* Saadi, 2005), a qual ocorre onde a drenagem encontra-se mais encaixada, a sul e sudoeste da área de estudo, entre as cotas de 350 a 750m.

O vale do rio Jequitinhonha apresenta-se encaixado, predominando feições de relevo fortemente ondulado, entremeado pelas superfícies suavemente onduladas das chapadas. Sua morfologia enrugada, entalhada pelo sistema de drenagem pluvial, conforma sulcos sobre a espessa cobertura elúvio-coluvionar, caracterizando suas vertentes. As altas declividades condicionadas pela tectônica local estão associadas aos processos de entalhamento da drenagem principal.

A represa de Irapé, que corresponde a um represamento do rio Jequitinhonha, é atualmente utilizado apenas para a geração de energia elétrica. O barramento modificou diretamente a morfologia e a hidrologia local, sendo edificado num dos pontos mais estreitos e delineados do vale do rio Jequitinhonha (Foto 8.47), logo a jusante da confluência com o rio Itacambiruçu.

A adutora da SAM sairá do nível do reservatório da represa em direção ao topo do platô adjacente, a norte, que configura o segmento das extensas chapadas que margeiam o vale naquele trecho. Antes de atingir o patamar das chapadas, a adutora vencerá um grande desnível (aproximadamente 350 metros), originado pelo encaixe incisivo do rio Jequitinhonha.



**Foto 8.47 - Vale do rio Jequitinhonha na área da Represa de Irapé, no trecho inicial da adutora. O encaixe do rio Jequitinhonha é incisivo na área.**

#### **8.6.2.2 - Vale do ribeirão Santana**

O vale do ribeirão Santana está inserido em duas formas distintas de relevo: formas de aplainamento, que correspondem aos topos das chapadas, e formas de dissecação, que, em geral, correspondem aos vales bem marcados que caracterizam as drenagens da região. O vale apresenta encaixe mais incisivo, em forma em “V”, e cerca os platôs pelos quais a adutora irá passar (Foto 8.48).

Os mapas de hipsometria (Anexo 13) e de declividade (Anexo 16) mostram muito bem as distintas formas de relevo no vale do ribeirão Santana, que assim como seus afluentes apresenta encaixamento incisivo, com declividades predominantemente entre 30 e 45 graus, e um entorno muito suave e homogêneo, formado pelos platôs.



**Foto 8.48 - Vale do ribeirão Santana a jusante do traçado da adutora. Observa-se a forma em “V” do vale e, ao fundo, em último plano, as formas aplainadas do relevo.**



## **9 - PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO**

O diagnóstico do Patrimônio Espeleológico da Área de Estudo do complexo minerário e da adutora do Projeto Vale do Rio Pardo, é apresentado no Anexo 26 do presente Módulo, etapa de prospecção, e no Módulo 14 do presente EIA, no Relatório Técnico Complementar (RTC Nº 03), valoração das cavernas identificadas.

Salienta-se que todo o levantamento de investigação e estudos complementares de valoração de cavidades foram desenvolvidos seguindo o que preconiza o Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008, e a Instrução Normativa nº 2, do Ministério do Meio Ambiente, de 20 de agosto de 2009. Complementarmente foram pesquisados dados e referências cadastrais disponíveis na base do Centro Nacional de Estudos, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV, vinculado ao Instituto Chico Mendes.

## 10 - PEDOLOGIA

### 10.1 - Introdução

Este item apresenta a descrição das tipologias de solos identificadas nas áreas de estudo do Complexo Minerário (Anexo 17 A- Mapa Pedológico- Complexo Minerário) e da Adutora (Anexo 18 A- Mapa Pedológico- Adutora) do Projeto Vale do Rio Pardo, que abrange parte dos municípios de Grão Mogol, Padre Carvalho e Josenópolis, situados na borda oriental da cordilheira do Espinhaço.

Inicialmente são apresentadas as características gerais das classes de solos identificadas nos mapeamentos regionais da área de estudo. Para a realização da etapa de campo utilizou-se como bases cartográficas mapas pedológicos regionais, cartas topográficas e imagens de satélite das áreas englobadas pelas estruturas do empreendimento.

Foram realizadas consultas ao mapa de solos do Estado de Minas Gerais (CETEC, 1983 e FEAM, 2011). Os mapeamentos exploratórios permitiram a contextualização da área de estudo das estruturas do Projeto Vale do Rio Pardo no que se refere à macro compartimentação das tipologias de solos presentes na região. Também foram consultados artigos e teses que abordam o trecho leste da Serra do Espinhaço. Entretanto estes estudos abrangem uma temática ampla, envolvendo questões relacionadas à geologia, geomorfologia e hidrografia, todos numa escala pequena e, frequentemente, mencionando a cobertura pedológica de maneira bem sucinta.

Inicialmente, é apresentada a descrição das características gerais das tipologias de solos identificadas na área de estudo com base na revisão bibliográfica, que incluiu a análise dos estudos publicados para a região e a classificação conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 2006). Na sequência foi realizada a caracterização das tipologias identificadas nas áreas de estudo do empreendimento, a partir dos aspectos observados em campo em perfis de cortes de estradas e em valas e trincheiras. Observou-se em relação aos solos a profundidade, a textura, a granulometria, a cerosidade, a porosidade, bem como aspectos relacionados à sua gênese e estabilidade.

A seguir é apresentado o contexto regional e as características gerais das classes de solos presentes nas Áreas de Estudo do Projeto Vale do Rio Pardo. Na sequência a descrição dos solos é apresentada de acordo com a proximidade às estruturas do empreendimento (mina e adutora).

## 10.2 - Pedologia regional

No contexto regional da área de estudo do complexo minerário e da adutora do Projeto Vale do Rio Pardo a paisagem é caracterizada por extensos domínios geológicos e geomorfológicos, que compõem uma superfície bem trabalhada. Nesse ambiente a pedogênese é favorecida nos topos dos platôs por fatores como o elevado grau de alteração das rochas, a baixa declividade favorável à formação dos solos e a razoável disponibilidade hídrica, originando os Latossolos.

Embora nas vertentes aguçadas que delimitam as bordas dos platôs locais o processo de pedogênese seja menos intenso, em razão da maior movimentação de material, ainda assim se observa a formação de solos com razoável grau de desenvolvimento. Estes apresentam textura mais grosseira, correspondendo, na maioria dos casos, a Cambissolos oriundos da alteração da rocha matriz e de materiais coluvionares e/ou eluviais. Salienta-se que os Cambissolos são solos relativamente “jovens”, sendo que sua formação em geral está associada a um período de 300 anos. Desta forma, é comum ocorrer ao longo de seus perfis traços da rocha matriz, facilmente identificada em cortes e perfis.

Pontualmente foram identificadas na área de estudo ocorrências de Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos, além de manchas de afloramentos de rochas. Os afloramentos e os Neossolos Litólicos ocorrem muitas vezes associados às quebras do relevo na área de estudo.

Os ambientes propícios à formação de Neossolos Flúvicos são mais escassos na área de estudo do empreendimento. O forte encaixe da rede de drenagem local e a razoável capacidade de transporte dos cursos d'água favorece o entalhamento das drenagens em detrimento à acumulação de sedimentos. Por isso a ocorrência dos Neossolos Flúvicos é pontual, sendo sua ocorrência mais evidenciada às margens de grandes drenagens como o rio Vacaria.

Os estudos regionais que englobam a área de estudo, conforme já mencionado, apresentam considerações gerais sobre as formações pedológicas identificadas na região, sem adentrar em caracterizações mais profundas. Exemplo disso é a tese de Ferreira (2007), que, em estudo desenvolvido próximo à área abrangida pelo empreendimento, observou sobre o substrato xistoso a predominância de duas classes de solos: os Latossolos e os Cambissolos. Os primeiros predominam nos topos aplainados - as chapadas, que terminam de forma abrupta, enquanto que os Cambissolos que ocorrem, sobretudo, nos vales onde frequentemente há afloramentos de rochas xistosas, fortemente suscetíveis à erosão.

Por cobrirem extensas áreas mapeadas na região, os Latossolos Vermelho-Amarelos do Médio Jequitinhonha foram caracterizados em parte como “Latosolos Vermelho-Amarelos úmicos / fase chapada” (BRASIL, 1970). Esta unidade caracteriza-se como solos muito profundos, acentuadamente drenados e muito porosos. São bastante ácidos, de baixa fertilidade natural e baixa capacidade de troca catiônica, saturação de bases baixa, relação molecular  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (ki) de 1,54 a 1,95 e relação  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$  de 4,5 a 7,0 no horizonte B. Em sua composição aparecem como elementos principais: os argilominerais, os óxidos e a fração areia (fragmentos minerais resistentes - quartzo), sendo muito baixo o teor da fração silte.

O estudo realizado por CAMPOS *et al.* (2008) sobre a gênese dos solos regionais identificou que na superfície das chapadas ocorrem predominantemente Latossolos Vermelho-Amarelos com horizonte A proeminente ou moderado. Os Latossolos mapeados apresentaram grandes semelhanças entre si em relação às características químicas, físicas e mineralógicas, sendo eles cauliniticos e gibsíticos. A pobreza desses solos forma um contraste notável à maior riqueza em nutrientes das áreas mais dissecadas.

Em geral, as principais limitações agrícolas dos Latossolos são a acidez elevada e a baixa fertilidade química, o que requer manejo adequado com correção da acidez, adubação e controle de erosão como, por exemplo, o terraceamento em áreas agricultáveis, especialmente nos solos de textura média, que são os mais pobres e susceptíveis à erosão. A deficiência de micronutrientes pode ocorrer, sobretudo, nos solos de textura média (EMBRAPA, 2006).

Na área de estudo a intensa utilização dessa classe de solos, representada por Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, em atividades de silvicultura, se sobressai tanto na área do complexo minerário quanto na área da adutora. Verifica-se a presença de grandes manchas de florestas de eucalipto, mantidas nos topos dos platôs, onde há um ambiente favorável que associa os solos profundos a um relevo plano.

Os estudos de caracterizações físicas, químicas e mineralógicas de SIMÕES *et al.* (2007) sugerem intemperização não muito acentuada nos Cambissolos do Médio Jequitinhonha. Tal fato pode ser explicado pelas condições climáticas com déficit hídrico na maior parte do ano.

Por serem solos pouco desenvolvidos, os Cambissolos apresentam, frequentemente, textura média cascalhenta ou muito cascalhenta. Na área de estudo a espessura desta tipologia de solos varia bastante em função da topografia e do material de origem. De modo geral, quanto maior a declividade da área, menor o perfil do solo, em função das limitações à pedogênese. Em alguns locais, nas médias e altas vertentes, o desenvolvimento dos Cambissolos não passa de 30 cm em média, se aprofundando em direção aos fundos de vale, onde os mesmos podem constituir pacotes de vários metros, caracterizados por um volume muito grande de material primário.

Entre as características dos Cambissolos identificadas na área de estudo destaca-se o caráter distrófico dos solos e a textura média cascalhenta a muito cascalhenta, com horizonte A moderado, fase não pedregosa e pedregosa. Resultam principalmente da alteração de metadiamicritos, quartzitos e xistos. Em alguns pontos o horizonte C, que guarda muitas características da rocha matriz, é facilmente perceptível. Associados aos Cambissolos ocorrem, com certa frequência, Neossolos Litólicos, resultado da alteração incipiente da rocha matriz.

Nos tópicos a seguir são apresentadas as características gerais das classes de solos identificadas na área de estudo, com base na classificação da EMBRAPA (2006).

## 10.2.1 - Neossolos Litólicos

Os Neossolos Litólicos (RL) compreendem solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (EMBRAPA, 2006).

Esses solos, em geral, se desenvolvem sobre as rochas metassedimentares e ígneas, apresentando horizonte A incipiente e cascalhoso, onde a percentagem de rocha é superior à de terra. São solos bem drenados, com estrutura granular mais susceptível à erosão em cortes artificiais sem proteção. São considerados solos "jovens", com minerais primários e altos teores de silte até mesmo nos horizontes superficiais. Possuem horizonte A ou O hístico com menos de 40 cm de espessura, assentados diretamente sobre a rocha, ou sobre um horizonte C ou Cr, ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentam um contato lítico dentro de 50 cm de superfície do solo.

Possuem sequência de horizonte A-R, A-C-R, A-Cr-R, A-Cr, A-C, O-R OU H-C sem atender, contudo, aos requisitos estabelecidos para serem identificados nas classes dos Chernossolos, Vertissolos, Plintossolos, Organossolos ou Gleissolos. Esta classe admite diversos tipos de horizontes superficiais, incluindo horizonte O com menos de 20 cm de espessura quando sobrejacente à rocha, ou horizonte A húmico ou proeminente com mais de 50 cm quando sobrejacente à camada R, C, ou Cr (EMBRAPA, 2006). Alguns solos podem ainda apresentar horizonte B, mas com insuficiência de requisitos para serem englobados por algum horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2006).

Portanto, os Neossolos Litólicos são por definição solos que apresentam reduzida profundidade efetiva. Essa condição limita seu uso, sobretudo o agrícola, devido ao reduzido volume de terra disponível para o ancoramento das plantas e para a retenção de umidade. A maioria desses solos ocorre em relevos acidentados, o que aumenta a sua já elevada susceptibilidade a erosão. Em consequência da textura grosseira, são muito porosos e com elevada permeabilidade. Tal atributo, juntamente com a baixa capacidade adsortiva, caracteriza-os como solo extremamente favorável à contaminação dos aquíferos (EMBRAPA, 2006).

## 10.2.2 - Neossolos Flúvicos

Os Neossolos Flúvicos (RU) constituem solos derivados de sedimentos aluviais e que apresentam caráter flúvico. Uma das principais características dos Neossolos Flúvicos é a presença do horizonte A assentado diretamente sobre camadas, sem relação pedogenética entre si. Dessa maneira, esses solos apresentam horizonte A fraco sobrejacente a camadas estratificadas. A presença de horizonte glei, ou horizonte de coloração pálida, variegada ou com mosqueados abundantes ou comuns de redução, se ocorrer abaixo do horizonte A, deve estar a profundidades superiores a 150 cm (EMBRAPA, 2006).

Quanto à profundidade, variam de muito profundos a moderadamente profundos. Em geral são solos distróficos, com deficiência em relação aos nutrientes, podendo ou não apresentar sodicidade. Uma das características marcantes desses solos é a sua boa drenagem (EMBRAPA, 2006).

Nas áreas de estudo do complexo minerário e da adutora a ocorrência dessa tipologia é bastante restrita, distribuindo-se junto às drenagens principais, como o córrego Lamarão.

## 10.2.3 - Cambissolos Háplicos

Os Cambissolos Háplicos (CX) são solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, desde que em qualquer dos casos não satisfaçam os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos, Organossolos. Apresentam sequência de horizonte A ou hístico, Bi, C, com ou sem R (EMBRAPA, 2006).

Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruna-amarelada até vermelho escuro (sistema Munsell de cores), e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila (EMBRAPA, 2006).

O horizonte B incipiente (Bi) tem textura franco-arenosa ou mais argilosa, e o *solum*, geralmente, apresenta teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou pequeno incremento de argila do A para o Bi. Admite-se diferença marcante de granulometria do A para o Bi, em casos de solos desenvolvidos a partir de sedimentos aluviais ou outros casos em que há descontinuidade litológica ou estratificação do material de origem (EMBRAPA, 2006).

Trata-se, assim, de solos rasos e relativamente bem drenados. Apresentam transições geralmente claras entre horizontes, sendo solos em evolução e, portanto, com uma maior percentagem de minerais primários em seu perfil. Sendo assim, o desenvolvimento pedogenético dos mesmos geralmente é pequeno. O horizonte B incipiente ocorre subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto sobre horizonte hístico com 40 cm ou mais de espessura, ou sobre horizonte A chernozêmico quando o B incipiente apresentar argila de alta atividade e alta saturação por bases (EMBRAPA, 2006).

A estrutura do horizonte Bi pode ser em blocos, granular ou prismática, havendo casos, também, de solos com ausência de agregados, com estrutura em grãos simples ou maciça (EMBRAPA, 2006).

Alguns solos desta classe possuem características morfológicas similares aos Latossolos, mas distinguem-se destes por apresentarem, no horizonte B, uma ou mais das características abaixo listadas, não compatíveis com solos muito evoluídos:

- a) Capacidade de troca de cátions, sem correlação para carbono, 17 cmolc/kg de argila; e/ou
- b) 4% ou mais de minerais primários alteráveis ou 6% ou mais de muscovita, determinados na fração areia, porém referidos à TFSA; e/ou
- c) Relação molar  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki), determinada na ou correspondendo à fração argila, maior que 2,2; e/ou
- d) Relação silte/argila igual ou maior que 0,7 quando a textura for média, sendo igual ou maior que 0,6 quando for argilosa ou muito argilosa; este critério é aplicado a solos cujo material de origem é relacionado ao embasamento cristalino, como as rochas graníticas e gnáissicas; e/ou
- e) 5% ou mais do volume do solo apresenta estrutura da rocha original, como estratificações finas, ou saprólito, ou fragmentos de rocha semi ou não intemperizadas.
- f) Portanto, por definição, são solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte A ou hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos.

#### **10.2.4 - Latossolos**

Na área de estudo do Complexo Minerário e da Adutora as tipologias de Latossolos identificadas, tanto nos levantamentos regionais, quanto no levantamento de campo, foram os Latossolos Vermelhos e os Latossolos Vermelho-amarelos.

Além da cor, as tipologias Latossolos Vermelhos e os Latossolos Vermelho-amarelos se diferenciam por fatores como a relação entre o teor de goethita em relação à hematita. De modo geral, os Latossolos Vermelhos (LV) são caracterizados por possuírem matiz 2,5 ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Já os Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) são aqueles de coloração vermelho-amarelada, ou laranja, refletindo a dominância de goethita em relação à hematita.

#### 10.2.4.1 - Latossolos Vermelhos

Os Latossolos Vermelhos (LV) ocorrem em parte da Área de Estudo da Adutora e do Complexo Minerário, bem como no segmento inicial do traçado do mineroduto, com maior frequência nos topos dos platôs onde a topografia aplainada colabora para o desenvolvimento do solo.

Desta maneira, onde o relevo apresenta baixos gradientes, ocorre o maior desenvolvimento do solo. Em geral esta tipologia apresenta perfis profundos, com horizonte B latossólico e textura argilosa. Normalmente são solos altamente permeáveis. Os Latossolos Vermelhos são solos cuja cor é igual ou mais vermelha que 2,5YR na notação de Munsell. A cor vermelha geralmente é devida ao mineral hematita (um óxido de ferro). Existem Latossolos Vermelhos com todo o tipo de textura desde muito argilosa à média. A forte coloração faz com que seja relativamente difícil separar os horizontes somente com base na cor (EMBRAPA, 2006).

Em geral são solos com boa drenagem interna e textura média; o teor relativamente elevado de areias confere-lhes uma geometria de poros onde os macroporos são preponderantes. Nesta situação a capacidade de retenção de água é baixa e a permeabilidade do solo alta, favorecendo a déficits hídricos nos períodos de estiagem. A baixa atividade das argilas dos Latossolos confere-lhes diminuta expansibilidade e contratibilidade, qualificando, os de textura argilosa, como excelente material para piso de estradas (EMBRAPA, 2006).

#### 10.2.4.2 - Latossolos Vermelho-Amarelos

Os Latossolos Vermelho-Amarelos compreendem tipologias de solos de cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas, que não se enquadram nas outras classes de Latossolos (EMBRAPA, 2006). São solos profundos, com horizonte B latossólico e textura argilosa. Normalmente são solos altamente permeáveis e profundos.

Em geral, apresentam os teores de  $Fe_2O_3$  entre 7 a 11%, quando de textura argilosa a muito argilosa e relação  $Al_2O_3/Fe_2O_3 > 3,14$ , quando de textura média. Geralmente têm baixa fertilidade natural (normalmente distróficos e álicos e, raramente, eutróficos, sobretudo na região semiárida brasileira). Ocorrem em áreas de relevo plano (chapadas) a montanhoso ( $45\% < \text{declividade} < 75\%$ ) e também são encontrados em mares de morros. A textura varia desde 15% até mais de 80% de argila (BENNEMA & CAMARGO, 1964 *apud* KER, 1997; EMBRAPA, 1988 *apud* BISPO, 2010).



É a tipologia predominante na área de estudo do Complexo Minerário, ocorrendo ainda no segmento norte da Adutora.

## **10.3 - Contexto local**

### **10.3.1 - Complexo Minerário - Bloco 8**

Nos limites do Complexo Minerário observa-se a ocorrência predominante de duas tipologias de solo: Cambissolos Háplicos (CX) e Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA), e, com menor frequência, manchas de Neossolos Litólicos (RL) e Neossolos Flúvicos (RU). Foram observados ainda na área de estudo perfis de Latossolos Vermelhos (LV), que se encontram associados à ocorrência de litologias de ferro de teor mais elevado, particularmente hematítico, caso do topo do platô onde se pretende implantar a cava.

De forma pontual, ocorrem coberturas quaternárias de cangas. Tem-se ainda em toda a área de estudo do Complexo Minerário a presença de afloramentos de rocha (AR), mais comuns nas vertentes dos vales locais. Esses afloramentos, em boa parte, conformam paredões paralelos às drenagens principais.

Em função das dimensões da área de estudo, optou-se por descrever a distribuição das tipologias de solo existentes nas áreas de cada grande estrutura do Complexo Minerário, e nos vales limítrofes ao empreendimento inseridos na área de estudo. A caracterização pedológica é, assim, apresentada abarcando a distribuição das tipologias de solos nos diferentes segmentos morfológicos locais.

O Anexo 17 A (Mapa Pedológico - Complexo Minerário) apresenta a distribuição das tipologias de solos identificadas na área de estudo do Complexo Minerário, e o Anexo (Mapa Pedológico - Adutora) mostra a distribuição pedológica na região da Adutora do Projeto Vale do Rio Pardo.

#### **10.3.1.1 - Área da cava**

A maior parte da área estudada para implantação da mina do Projeto Vale do Rio Pardo está inserida no platô que divide os vales dos córregos Lamarão e Capão do Meio, a sul, e Mundo Novo, a norte.

Por se tratar de uma extensa área, em seus limites há uma grande diferenciação pedológica, com ocorrência de Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos Háplicos, Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos, além de pontos de afloramentos de rocha.

Na área do platô abrangido pela cava predominam os Latossolos Vermelhos (LV) caracterizados por apresentarem matrizes mais vermelhas decorrentes da alta concentração de hematita (Foto 10.1).



**Foto 10.1 - Trincheira de Latossolo Vermelho em meio a plantio de eucalipto no platô onde se pretende instalar a cava, próxima ao vale do córrego Lamarão (741.404/8.201.595).**

Conceitualmente os Latossolos são solos “antigos”, resultantes da exposição do substrato ao longo de milhares de anos aos processos químicos e físicos relacionados à pedogênese. Foram assim submetidos ao intenso processo de intemperismo e lixiviação e apresentam como características marcantes grande profundidade e pouca diferenciação entre os sub-horizontes. Na área da cava, tal tipologia de solos atinge, quase sempre, profundidades superiores a 3 m, chegando a cerca de 20 m em pontos situados no topo do platô, conforme dados de sondagem. Localmente o solo é resultado da alteração do metadiamicrito hematítico com teor de ferro de médio a alto.

Trata-se de solos com boas propriedades físicas associados, na área de estudo, a segmentos de relevo plano a suave ondulado, como no topo do platô onde se pretende implantar a cava (Foto 10.2). Em geral, uma de suas principais limitações que ocorre com maior frequência é a baixa disponibilidade de nutrientes nos solos distróficos e a toxicidade por alumínio trocável, que é uma característica desse tipo de solo.



**Foto 10.2 - Latossolo Vermelho próximo à borda do platô, limite sul da cava. Superficialmente ocorrem concreções ferríferas em alguns pontos do trecho superior do platô, bem como nas altas vertentes dos vales.**

Esses solos possuem boa drenagem interna, textura argilosa, são fáceis de serem escavados, profundos, porosos, ou seja, possuem características físicas bastante apropriadas para atividades como a silvicultura (Foto 10.3).



**Foto 10.3 - Plantio de eucalipto na área da cava sobre Latossolo Vermelho.**

Na área da cava os Latossolos Vermelho-Amarelos ocorrem em formas de manchas, próximas aos limites do platô, coincidindo muitas vezes com a transição dos domínios dos Latossolos para o dos Cambissolos, que ocorrem nas vertentes locais (Foto 10.4).



**Foto 10.4 - Latossolo Vermelho-Amarelo em estrada vicinal que circunda a área da cava.**

Ainda no topo do platô há ocorrência de Exposições de Canga (EC) e Afloramentos de Rocha (AR) (Foto 10.5).



**Foto 10.5 - Afloramento de metadiamiccítico hemático no topo do platô, onde deve ter início o sequenciamento da cava.**

Nos limites oeste e norte da cava, que correspondem à parte das microbacias dos córregos Lamarão e Mundo Novo, verificou-se a presença de Cambissolos Háplicos já nas altas vertentes, resultado da alteração da rocha e de materiais elúvio-coluvionares. Esses solos são jovens, minerais e geralmente formados em um ambiente topograficamente menos favorável à pedogênese (EMBRAPA, 2006).

Os Cambissolos Háplicos predominam nas vertentes da área de estudo do Complexo Minerário, estando por vezes intercalados a Neossolos Litólicos e a afloramentos de rocha (Fotos 10.6 e 10.7). As coberturas coluvionares localmente constituem parte dos Cambissolos.



**Foto 10.6 - Mancha de Neossolo Litólico em trecho de estrada na meia vertente do vale do córrego Lamarão. Ao redor observa-se a ocorrência de Cambissolos Háplicos.**



**Foto 10.7 - Cambissolo Háplico em encosta do vale Lamarão na área pretendida para a cava.**

Portanto, nas vertentes dos vales que circundam a cava predomina a classe de Cambissolos Háplicos (CX). Por serem pouco desenvolvidos esses solos apresentam, frequentemente, textura média cascalhenta ou muito cascalhenta.



Na área de estudo a espessura desta tipologia de solos varia bastante em função da topografia e do material de origem: quanto maior a declividade da área, menor o perfil do solo em função das limitações à pedogênese. Em alguns locais, nas médias e altas vertentes, seu desenvolvimento não passa de 30 cm, se aprofundando em direção aos fundos de vale, onde o horizonte C pode constituir pacotes de vários metros, caracterizados por um volume muito grande de material primário.

As vertentes do vale do córrego Lamarão se assemelham às do córrego Mundo Novo do ponto de vista pedológico. Entretanto na área da cava observa-se que nas baixas vertentes o relevo colinoso favorece a formação de solos mais profundos.

O vale do córrego Lamarão apresenta trechos relativamente abertos junto ao seu talvegue, onde as feições de colinas, com topografia ligeiramente mais aplainada, favorece a formação de pequenas manchas de Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) com textura arenoargilosa (Foto 10.8).



**Foto 10.8 - Perfil de Latossolo Vermelho-Amarelo próximo ao fundo do vale do córrego Lamarão, pouco além do limite norte da cava (743.560/8.205.469).**

Localmente, os Latossolos Vermelho-Amarelos possuem textura arenoargilosa, horizonte A com cerca de 50 cm, baixa cerosidade e características distróficas. São solos relativamente fáceis de serem escavados e, quando corrigidos com adubos e fertilizantes, tornam-se apropriados à agricultura. Na região esta tipologia é utilizada de maneira incipiente para a manutenção de pequenos cultivos de subsistência.

### 10.3.1.2 - Barragem de rejeitos e pilha de material estéril

A área pretendida para a instalação da barragem de rejeitos localiza-se na cabeceira do vale do córrego Mundo Novo, onde predominam feições morfológicas do tipo colinas íngremes. Sobre estas se desenvolvem, localmente, Cambissolos Háplicos (CX) comumente originados da alteração da espessa cobertura elúvio-coluvionar (Foto 10.9). Devido às maiores declividades dessas colinas, a atuação pedogenética é menor do que nas superfícies dos platôs que dividem as bacias locais.

Estes solos na área de estudo são distróficos, possuem textura média cascalhenta a muito cascalhenta e, em menor grau, argilocascalhenta.



**Foto 10.9 - Na cabeceira do córrego Mundo Novo predominam os Cambissolos Háplicos, com elevada pedregosidade resultado da alteração do material detrítico elúvio-coluvionar.**

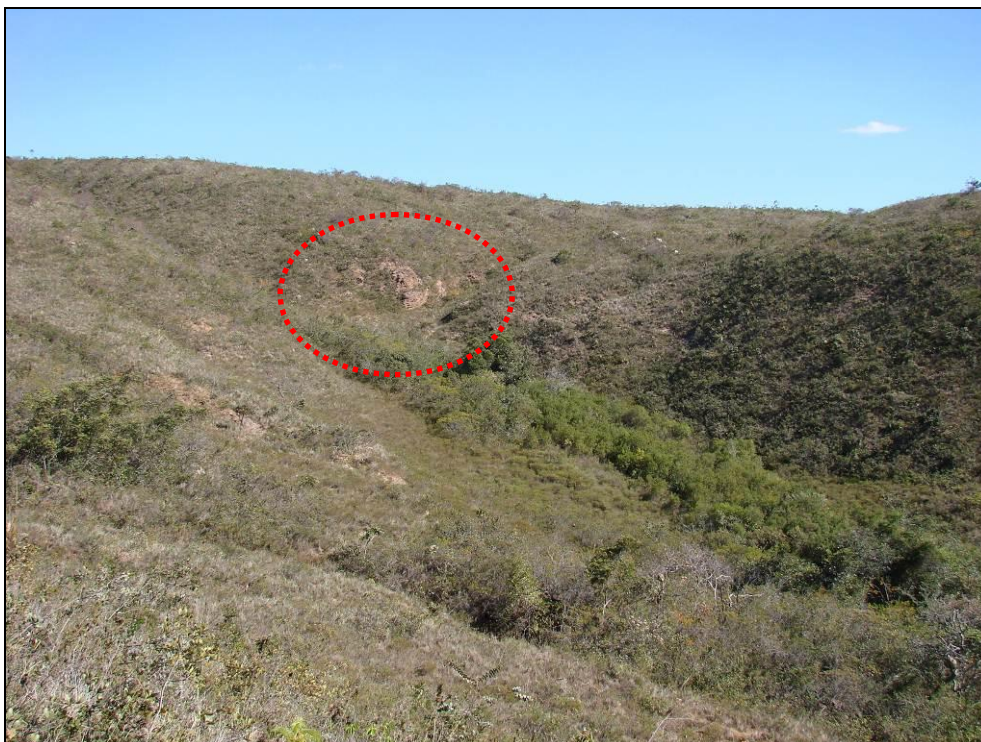
No caso da área da pilha de estéril, situada em trecho da alta vertente a montante da barragem, foi identificada outra tipologia de solos: os Neossolos Litólicos (RL), de caráter distrófico e textura média cascalhenta, com a presença de uma espessa cobertura de veios de quartzo cristalino.

Esta tipologia se repete em menor dimensão no segmento a ser inundado pela barragem de rejeitos, onde também foram observados Afloramentos de Rocha (AR), quartzitos, metadiamicritos e xistos (Foto 10.10).



**Foto 10.10 - Afloramento de Rocha em meio a Cambissolos na área da barragem, junto à cabeceira principal do córrego Mundo Novo, no qual se pode observar a xistosidade da rocha matriz.**

Próximo à seção do vale onde se pretende erguer a barragem, os perfis dos Cambissolos tornam-se mais profundos sobre o domínio das feições de colinas, que neste trecho apresentam-se mais declivosas. Ressalta-se que estas manchas de Cambissolos, presentes no vale do córrego Mundo Novo, se estendem até os limites do barramento, ocorrendo intercalados por Neossolos Litólicos e afloramentos de rocha de maneira pontual, por vezes parcialmente recobertos por material proveniente das altas vertentes (Foto 10.11).



**Foto 10.11 - Vertente de tributário do córrego Mundo Novo, onde predominam Cambissolos Háplicos, manchas pontuais de Neossolos Litólicos e Afloramento de Rocha (em destaque).**

Em função de suas características físicas, os Cambissolos (Foto 10.12) apresentam limitações físicas para a implantação de estruturas, o que exige cuidados especiais para a execução de construções. Isto ocorre em decorrência de sua baixa estruturação e reduzidas profundidades, que podem provocar desestabilizações e processos erosivos no terreno.

Quanto a suas limitações químicas destaca-se o caráter distrófico de tal tipologia, o que, aliado à textura média cascalhenta ou muito cascalhenta, torna-se impeditivo para a prática de atividades agrícolas e até mesmo pecuárias.



**Foto 10.12 - Cambissolo Háplico em alta vertente do vale do córrego Mundo Novo, local onde será construída a barragem (740.446/8.203.370).**

#### **10.3.1.3 - Área industrial, instalações administrativas e extremo sul da área de estudo**

O local pretendido para a implantação da área industrial e administrativa do Complexo Minerário do Projeto Vale do Rio Pardo está inserida no topo de um platô, área aplainada situada a oeste da cava e a sul da barragem de rejeitos. Verifica-se neste limite um contexto favorável ao desenvolvimento de solos profundos, localmente representados por Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelos (Foto 10.13).



**Foto 10.13 - Vista geral do local onde será erguida a unidade industrial do Complexo Minerário onde ocorre Latossolos Vermelhos, na interface com Latossolos Vermelho-Amarelos.**

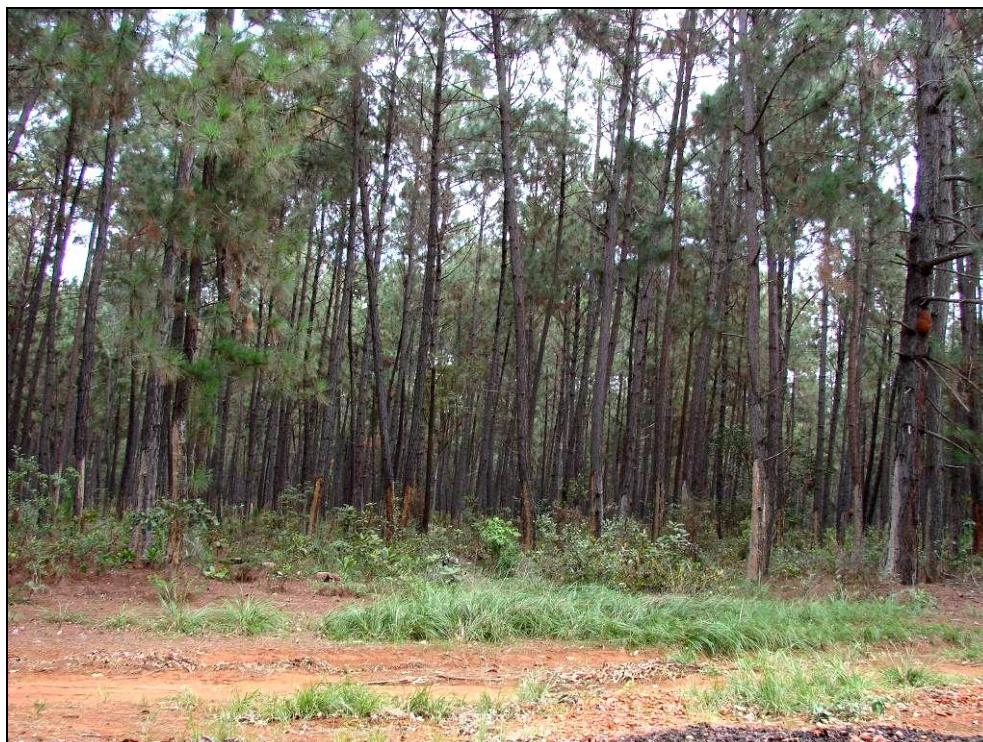
Estes solos apresentam localmente textura argiloarenosa (Foto 10.14), profundidade em geral superior a 3 metros, chegando a atingir até 30 metros conforme dados de sondagem de áreas lindeiras da cava.



**Foto 10.14 - Horizonte A de Latossolo na área a ser diretamente afetada pela unidade industrial, o mesmo apresenta textura argilo-arenosa, com presença incipiente de matéria orgânica no horizonte A.**

Sobre estes solos há plantios de eucaliptos de forma intensiva para a produção de carvão (Foto 10.15). Num trecho considerável no limite sul/sudoeste da área de estudo há ainda o cultivo de pinus sobre a tipologia de Latossolos Vermelho-Amarelos.





**Foto 10.15 - Plantio de pinus sobre Latossolos Vermelho-Amarelos, limite sul da área de estudo.**

Na área situada adjacente às futuras estruturas da área industrial e administrativas, que se estende até próximo à rodovia BR 251, mantém-se o domínio dos Latossolos Vermelho-Amarelos. Trata-se de uma paisagem homogênea sobre uma extensa área de relevo suave-ondulado, onde o cultivo de eucalipto e pinus ocorrem de maneira intensiva. As características desses solos, associadas à topografia de onde ocorrem, mostram-se adequadas a diversas atividades antrópicas em função do alto grau de desenvolvimento e da boa estruturação física.

O limite sul da área de estudo é representado pelos divisores locais da sub-bacia do córrego Lamarão e seus principais afluentes: córregos Capão do Meio, Capão da Onça, Batalha e do Vale. Todas as quatro sub-bacias apresentam morfologia mais suave em suas cabeceiras. Conforme a tendência identificada para a região, à medida que as drenagens e os vales se aprofundam, os Latossolos Vermelho-Amarelos são gradativamente substituídos por Cambissolos Háplicos (CX), como é o caso de parte da área industrial, projetada para ocupar a vertente esquerda do vale do córrego Lamarão (Foto 10.16). Intercalados aos Cambissolos Háplicos, podem ocorrer pequenas manchas de Neossolos Litólicos.



**Foto 10.16 - Local destinado à implantação da planta industrial, onde se verificou a ocorrência de manchas de Neossolo Litólico e Cambissolo Háplico sobre espessa cobertura elúvio-coluvionar.**

No referido trecho, os veios de quartzo cristalino intemperizados encontram-se entremeados na cobertura colúvio-eluvionar, num relevo suave-ondulado do tipo de colinas, sendo frequente a ocorrência de espessa cobertura detrítica.

Pontualmente em algumas escarpas são observados afloramentos de rocha e manchas de Neossolos Litólicos, ambos de dimensões reduzidas.

Em suma, pode-se dizer que a distribuição pedológica na área de estudo ocorre da seguinte maneira: Latossolos nos topos das chapadas; e Cambissolos Háplicos, Neossolos Litólicos e Afloramentos de Rochas nas vertentes colinosas e escarpadas. Essa distribuição se estende até as proximidades dos limites da futura cava (Fotos 10.17 e 10.18).



**Foto 10.17 - Latossolo Vermelho-Amarelo na transição do platô para o vale na vertente do córrego Capão da Onça, onde se observa que sobre os LVA são mantidos os cultivos de eucalipto, já ao lado, sobre Cambissolos Háplicos permanece parte da vegetação nativa (738.382/8.200.586).**



**Foto 10.18 - Cambissolo Háplico, resultado da alteração parcial do colúvio, onde há uma pequena estruturação do solo (“cimentação”) com horizonte A bastante pedregoso também em vertente do vale do córrego Capão da Onça (738.010/8.201.557).**

#### **10.3.1.4 - Áreas das barragens de água**

As áreas destinadas à construção das duas barragens de água situam-se nos vales dos córregos da Nem e do Lamarão, no domínio morfológico das colinas, com a presença de pequenos segmentos escarpados no fundo dos vales. Esse ambiente é pouco favorável aos processos de pedogênese, o que justifica a ocorrência dos Cambissolos Háplicos (Foto 10.19).



**Foto 10.19 - Perfil de Cambissolo Háptico, fase pedregosa na média vertente do córrego da Nem.**

Nas baixas vertentes tanto do córrego Lamarão quanto do córrego da Nem, verifica-se um volume considerável de material coluvionar proveniente das altas vertentes. Em função de suas características físicas, os solos desenvolvidos sobre esse material apresentam algumas limitações físicas para a intervenção antrópica, devendo ser alvo de projetos específicos para a implantação de estruturas construtivas. Isto decorre em função de sua baixa estruturação e reduzida profundidade, que os torna suscetíveis a processos erosivos.

Entre as características dessa classe identificadas na área de estudo destaca-se o caráter distrófico dos solos e a textura média cascalhenta a muito cascalhenta, com horizonte A moderado e fases não pedregosa e pedregosa.

Foi verificado que os solos que ocorrem na área das barragens de água resultam da alteração de metadiamicititos, quartzitos e xistos. Em alguns pontos o horizonte C é facilmente perceptível (Foto 10.20).



**Foto 10.20 - Cambissolo Háplico onde é possível notar resquícios da estrutura da rocha, metadiamicítico.**

Nas vertentes dos vales locais onde se pretende implantar as barragens de água são comumente encontradas manchas pontuais de Neossolos Litólicos (RL) e Afloramentos de Rocha (AR), os quais, em sua maioria, conformam paredões paralelos às drenagens locais (Foto 10.21).



**Foto 10.21 - Afloramento de rocha próximo à área da barragem no córrego Lamarão.**

Por serem áreas relativamente pequenas e mais restritas aos fundos de vale cursos d'água, observa-se que quase não há variação quanto às tipologias que ocorrem nas áreas das barragens de água, havendo predomínio marcante dos Cambissolos Háplicos. De forma muito pontual, podem ocorrer locais com Neossolos Litólicos e Latossolos Vermelho-Amarelos, porém essas ocorrências não foram mapeadas na escala de estudo.

#### **10.3.1.5 - Vales do córrego Jiboia e vale do córrego D'água**

Os vales dos córregos Jiboia e D'água apresentam tipologias de solos semelhantes às identificadas nas áreas das futuras estruturas do Complexo Minerário. Junto aos divisores de água, nos platôs, há Latossolos Vermelho-Amarelos, passando a Cambissolos Háplicos nos vales.

No vale do córrego Jiboia predominam os Latossolos Vermelho-Amarelos (Foto 10.22), com elevada profundidade, textura arenoargilosa, onde se observa que já houve o cultivo de eucaliptais. Atualmente a vegetação nativa encontra-se em lento processo de regeneração.



**Foto 10.22 - Vertente direita do vale do córrego Jiboia, nas altas vertentes ocorre Latossolo Vermelho-Amarelo.**

Somente na baixa vertente da cabeceira do vale do córrego Jiboia, os solos são menos desenvolvidos, sendo classificados como Cambissolos Háplicos. Estes constituem manchas maiores à medida que o vale se aprofunda, a norte/noroeste da área de estudo, sendo bem desenvolvidos nas áreas mais planas e nos vales abertos. Parte deste padrão se deve à relativa deficiência hídrica verificada na região, onde os espessos pacotes de materiais de encostas e mesmo os eluviais sofrem um processo lento de intemperismo, havendo ainda o fator da movimentação destes materiais nas vertentes, o que contribui para o rejuvenescimento dos solos.

No caso da microbacia do córrego D'água, as tipologias pedológicas se assemelham, em muito, àquelas identificadas na vertente direita do vale do córrego Lamarão, próximo à área destinada a futura cava: Latossolos Vermelho-Amarelos nos topos que circundam o vale e Cambissolos Háplicos nas vertentes (Foto 10.23), associados a Neossolos Litólicos e Afloramentos de rocha mais restritos.





**Foto 10.23 - Visão geral do vale do córrego D'água; nas vertentes predominam Cambissolos Háplicos, em pontos isolados, como na baixada estes se desenvolvem um pouco mais.**

#### **10.3.1.6 - Processos erosivos e áreas degradadas**

Neste tópico é apresentada a caracterização dos solos identificados na área do Complexo Minerário em relação à suscetibilidade a ocorrência de processos erosivos, com base em estudos regionais e observações primárias das características físicas dos mesmos.

A erosão dos solos pode ser entendida como um processo que ocorre em três fases: a fase de retirada das partículas, a fase de transporte do material removido e, quando acaba a energia do movimento, a fase de deposição. Os processos erosivos ocorrem naturalmente no meio ambiente, de forma lenta e gradual, causando, no decorrer da evolução paisagem, mudanças no relevo e na vegetação (NUÑEZ *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2005 *apud* OLIVEIRA, 2008; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). A intervenção humana tende a acelerar esses processos quando a ocupação e o uso intensivo do solo ocorrem de modo desordenado, provocando nesses casos erosão acelerada.

A erosão é considerada um dos principais fatores de degradação e perda de solo, reduzindo a produtividade das culturas. Outra consequência dos processos erosivos acelerados é que o carreamento de sedimentos acarreta o aumento significativo do assoreamento e pode comprometer a qualidade de água dos cursos d'água.

Reflexos da perda de solo são observáveis em alguns córregos da área de estudo, onde se verificou o assoreamento acelerado em alguns trechos das principais drenagens, como o córrego Mundo Novo (Foto 10.24) e o córrego Lamarão, que a jusante da área de estudo recebe todo o material careado na bacia, inclusive materiais bastante grosseiros que descem da vertente.



**Foto 10.24 - Área assoreada na barragem situada na cabeceira do córrego Mundo Novo, local da futura barragem de rejeitos (738.742/8.203.635)**

As perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão podem resultar na necessidade de aumento do consumo de insumos, no comprometimento da produtividade das culturas e em impactos ao meio ambiente (pedofauna). Em geral, as perdas de matéria orgânica por erosão hídrica são elevadas. O material erodido é mais rico em fósforo, cálcio, magnésio potássio e matéria orgânica do que o solo original. Isto se deve ao fato de o material transportado apresentar maior teor de silte e argila do que o solo base, uma vez que essas partículas são mais facilmente transportadas e contêm maiores quantidades de nutrientes adsorvidas. Estima-se que de 75% a 90% do P perdido em áreas agrícolas seja devido ao arraste de partículas minerais ou orgânicas durante o processo de erosão pluvial (SCHICK et al., 1999, SEGANFREDO et al., 1997, RESK et al., 1980, FREITAS & CASTRO, 1983, HERNANI et al., 1987, SEGANFREDO et al., 1997, BERTOL et al., 2004, NOVAIS & SMYTH, 1999 apud VITTE & MELLO, 2007).

A perda de solo por erosão é um processo que se manifesta em intensidade variável, dependendo da interação do clima, solo, topografia, cobertura vegetal e das práticas conservacionistas adotadas pelo sistema de manejo implementado.

A água é sem dúvida, dentre os agentes erosivos, o mais estudado. Apesar de a erosão pluvial ocorrer em praticamente todas as paisagens, é no domínio tropical que ela vai ser mais expressiva. Isso porque as taxas pluviométricas são comparativamente bem mais elevadas nessas zonas climáticas e por muitas vezes se concentram em certas estações do ano. Outro fator importante é que nessa zona a temperatura, mais elevada, intensifica a atuação desse agente erosivo. MORGAN (1986) apud GUERRA (1994) destaca que a erosão é um grande problema relacionado à agricultura em regiões tropicais e semiáridas.

Na área de estudo, em função do cultivo de eucalipto e pinus, observa-se que o uso intensivo do solo tem contribuído para a aceleração dos processos erosivos, sobretudo a erosão laminar e em sulcos. Essas feições são notados, principalmente, nas margens das estradas que cortam os cultivos.

A concentração dos fluxos superficiais pode formar sulcos mais profundos a jusante nos vales, o que, dependendo do tipo de solo e da posição na vertente, pode dar origem a feições erosivas de maior dimensão, como voçorocas. Salienta-se que na área de estudo do Complexo Minerário não foi identificada nenhuma feição erosiva de grandes dimensões, sendo que as mais significativas correspondem a ravinas profundas situadas às margens dos eucaliptais.

Da mesma forma, junto às estradas locais que ligam as pequenas propriedades inseridas nos limites da área de estudo, também se observou-se a presença de ravinamentos, associados diretamente à abertura de tais vias (Foto 10.25).



**Foto 10.25 - Erosão em sulco em estrada com acesso ao córrego Lamarão, próximo a porção norte da cava.**

As ravinas, em geral, possuem caráter temporário e podem desaparecer em curto tempo na paisagem. Como afirma GUERRA (1994), algumas ravinas que são formadas após um evento chuvoso podem ser obliteradas por uma nova tempestade, que causaria, dessa forma, uma nova rede de ravinas, sem relação com as formadas anteriormente. Quando a ravina adquire caráter relativamente permanente, pode evoluir para voçorocas.

Ravinas de grande porte não são tão recorrentes na área de estudos como os sulcos. Entretanto, principalmente em áreas de ruptura de declive, como na borda dos eucaliptais, elas se fazem presentes, geralmente elas ocorrem nos Latossolos e Cambissolos presentes na área (Foto 10.26).



**Foto 10.26 - Ravina na borda de eucaliptal, transição do platô para o vale, em Cambissolo (737.422/8.200.891).**

Alguns fatores que irão controlar a ocorrência destes processos erosivos, de forma a intensificá-los ou amenizá-los, são chamados de Fatores Controladores, definidos por GUERRA (1994), que determinam as variações nas taxas de erosão. São eles: erosividade da chuva, erodibilidade do solo, vegetação, morfologia das encostas e a atuação do homem. Todos esses fatores interferem na ocorrência e intensidade dos processos erosivos.

A erosividade é a potencialidade da chuva de causar erosão no solo, sendo função do total de chuva, de sua intensidade, do momento (medida da pressão da chuva por área) e da energia cinética (relacionada à sua intensidade, energia do número total de gotas de um evento chuvoso).

A erodibilidade do solo relaciona-se à sua resistência em ser erodido, suas propriedades e sua susceptibilidade em sofrer erosão. É, portanto, uma característica intrínseca dos solos, os quais poderão reagir de formas diferenciadas quando submetidos aos mesmos agentes, nas mesmas intensidades (SMITH & WISCHMEIER, 1962 *apud* PARZANESE *et al.*,1991). A erodibilidade do solo representa o efeito dos processos que regulam a infiltração da água no solo, a desagregação pelo impacto da gota de chuva e a resistência ao transporte pelo fluxo superficial, os quais são responsáveis pelo comportamento do solo em relação aos processos erosivos (LAL, 1988 *apud* VITTE & MELLO, 2007).

Conforme GUERRA (1994), as propriedades que afetam a erosão dos solos seriam principalmente a textura, a densidade aparente, a sua porosidade, o teor de matéria orgânica, o teor e a estabilidade dos agregados, mas também atributos mineralógicos, químicos e biológicos do solo (VITTE & MELLO, 2007).

A textura afeta a erosão já que algumas frações granulométricas são removidas mais facilmente que outras. No entanto, as porcentagens de areia, silte e argila não devem ser analisadas de forma isolada e sim em conjunto com outras propriedades, pois a erodibilidade é afetada por outros elementos, como por exemplo, o teor de matéria orgânica, capaz de aglutinar os agregados.

Na área de estudos, conforme exposto, os solos são essencialmente arenosos (Foto 10.27), independentemente da sua classificação pedológica. Destaca-se que solos pobres em argila dificultam a formação de estruturas resistentes, facilitando a ação erosiva.



**Foto 10.27 - Corte de estrada que evidencia a textura arenosa do Cambissolo Háplico na área da futura cava.**

A estabilidade dos agregados também sofre influência da matéria orgânica e da estrutura dos solos. De acordo com VOLK *et al.* (2004), WISCHMEIER & SMITH (1978) e FOSTER (1982) *apud* VITTE & MELLO (2007), a estrutura tem efeito pronunciado na retenção, infiltração e armazenamento da água no solo e, conseqüentemente, na erosão. Em geral, um solo com estrutura de boa qualidade apresenta boa capacidade de retenção, infiltração, permeabilidade e armazenamento de água no seu interior, o que, no conjunto, irá refletir-se em menor erodibilidade. De acordo com GUERRA & CUNHA (1994), a estabilidade dos agregados é um dos fatores controladores mais importantes na erodibilidade e também dificulta a formação de crostas na superfície do solo.

Os Latossolos (Foto 10.28), que concentram-se nas áreas dos platôs, possuem estruturas mais desenvolvidas que os Cambissolos (Foto 10.29), que em geral ocorrem no relevo mais movimentado dos vales. Esta estabilidade dos agregados nos Latossolos é mais uma característica que dificulta os processos erosivos, entretanto, seu grau de compactação pode os tornar mais instáveis.



**Foto 10.28 - Latossolo com estruturas bem desenvolvidas e formação de uma camada de matéria orgânica (tracejado amarelo) que ajuda manter a estabilidade dos agregados.**



**Foto 10.29 - Cambissolo com textura grosseira e agregados pouco estáveis.**

A densidade aparente diz respeito ao grau de compactação dos solos. Áreas de cultivo e pastagens quase sempre tendem a ter a densidade dos solos aumentada, o que facilita a erosão, visto que reduz a capacidade de infiltração ao reduzir a porosidade, favorecendo o escoamento superficial.

Na área estudada é possível ver alguns locais que sofrem compactação do solo, sobretudo nos locais onde ocorre o manejo intensivo da cultura de eucalipto, e em seus acessos (Foto 10.30).



**Foto 10.30 - Estradas de acessos a eucaliptal sobre Latossoilo Vermelho.**

A densidade da cobertura vegetal é um fator importante na remoção de sedimentos, no escoamento superficial e na perda de solo. O tipo e percentagem de cobertura vegetal podem reduzir ou aumentar os efeitos dos fatores erosivos. Como exemplo, em áreas parcialmente cobertas pela vegetação o escoamento superficial e a erosão podem aumentar rapidamente. Este aumento está relacionado a solos com menos de 70% de cobertura vegetal e ocorre geralmente em áreas semiáridas, agrícolas e com pastoreio excessivo (GUERRA, 1994).

Nas áreas de cerrado a ocorrência de processos erosivos notáveis ocorre quase exclusivamente em áreas que por algum motivo estão com solo exposto, seja por pastoreio, por aberturas de estradas, ou por qualquer outro tipo de ocupação humana. Já as áreas cobertas pelas florestas de eucalipto, na parte mais plana, a erosão é menos perceptível.

O que ocorre é que em geral as áreas florestais apresentam baixa taxa de erosão. (GONÇALVES, 2002). Esta taxa aumenta, contudo, quando tais sistemas são perturbados. As operações de preparo e manejo do solo, colheita, além da abertura de estradas necessárias às atividades florestais estão entre os principais fatores responsáveis pela erosão nestas áreas de silvicultura. Durante a colheita florestal a taxa natural de erosão pode aumentar em quatro vezes, enquanto a construção de estradas pode elevar esta taxa em, aproximadamente, 120 vezes (NEARY & HORNBECK, 1994).



Esse fato é bastante perceptível na área de estudo. Os processos erosivos estão ocorrendo basicamente nas áreas de aberturas de estradas e também em áreas onde a declividade do plantio começa a aumentar, ou seja, quando chegam próximos às bordas dos platôs, exatamente na transição entre os Latossolos e os Cambissolos.

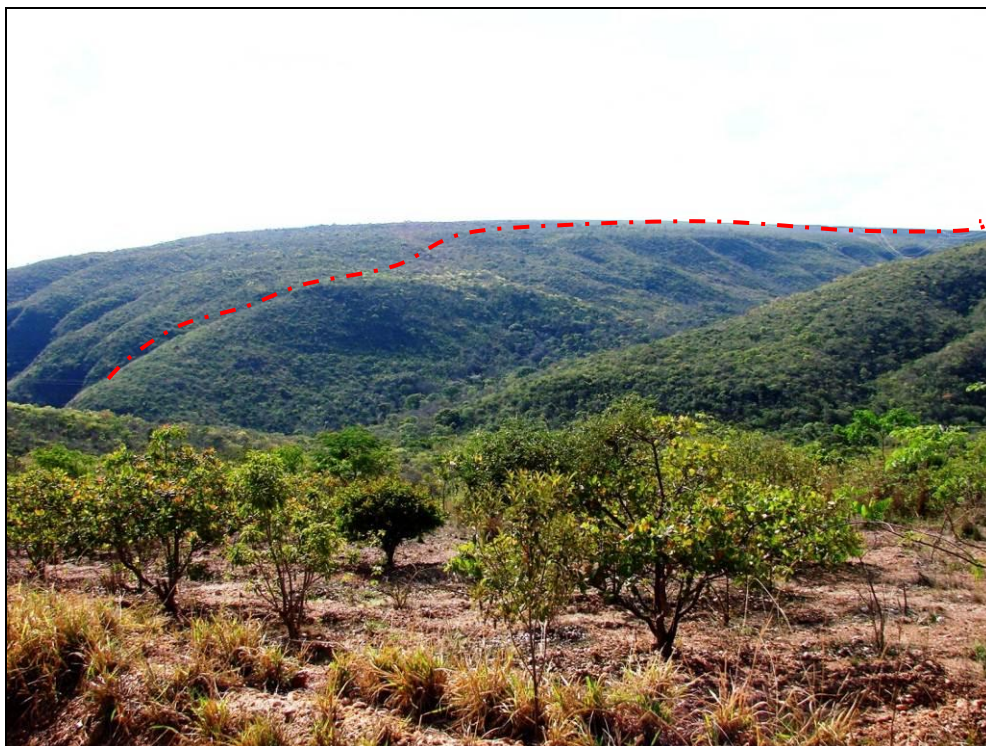
A morfologia da encosta, por sua vez, também afeta o potencial de erodibilidade dos solos. Esse fator relaciona-se à declividade, ao comprimento da rampa e ao formato da vertente. Esses aspectos podem tender a concentrar ou dispersar o fluxo pluvial como também variar a velocidade da água ao escorrer superficialmente.

### **10.3.2 - Adutora**

O traçado da adutora tem seu início nas margens do reservatório de Irapé, próximo ao seu barramento, seguindo paralelo a um dos caminhos existentes nos domínios da usina.

Neste trecho inicial da adutora são comuns Afloramentos de Rocha (AR) associados a Neossolos Litólicos (RL) e Cambissolos Háplicos (CX), estes últimos resultantes da alteração incipiente da cobertura detrítica que recobre a vertente escarpada da margem esquerda do rio Jequitinhonha, na área de estudo da adutora.

À medida que o traçado da adutora avança sobre a encosta em direção ao topo do platô que limita o vale do rio Jequitinhonha, observa-se o domínio mais efetivo dos Cambissolos Háplicos, uma vez que a cobertura detrítica que dá origem a estes solos se avoluma na média a alta vertente (Foto 10.31).



**Foto 10.31 - Visão geral do trecho inicial da adutora, parte na qual ela irá subir a vertente da margem esquerda do rio Jequitinhonha (delineamento aproximado indicado).**

No percurso de subida da encosta verificam-se ainda pequenas manchas de Neossolos Litólicos (RL), que ocorrem, sobretudo, próximo às rupturas do relevo, cujo lineamento da adutora procurou contornar. Tratam-se de solos poucos evoluídos que conformam horizonte do tipo Ai-C.

Ao se atingir a parte mais elevada, próximo ao ponto onde o traçado da adutora corta a estrada de acesso à usina de Irapé, as condições do relevo se alteram. A partir desse ponto, o eixo da Adutora irá percorrer os topos dos platôs que marcam a maior parte do traçado, locais onde a topografia favorece os processos pedogenéticos. Nessas regiões observa-se a presença de Latossolos Vermelhos (LV) e de Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA), cujos perfis, bem desenvolvidos, possibilitam a manutenção de cultivos representados, neste caso, por extensas áreas de manejo silvícola, com o plantio de eucaliptos e pinus (Foto 10.32).



**Foto 10.32 - Na maior parte do traçado da adutora ocorrem Latossolos Vermelhos e Vermelho-amarelos, utilizados na região para o cultivo intensivo de eucalipto e pinus.**

Conforme classificação obtida através de fontes secundárias, verifica-se que estes solos apresentam caráter distrófico, além de ter, em geral, horizonte A pedregoso (Foto 10.33).



**Foto 10.33 - Perfil de Latossolo Vermelho (LV) na área de estudo. O horizonte A, com cerca de 20 cm, limite inferior do mesmo destacado em vermelho, apresenta elevada pedregosidade.**

O horizonte B, por definição, é bem desenvolvido e normalmente supera 3 m de profundidade, o que pontualmente conjugado a outros fatores, como declividade e disponibilidade hídrica, favorece o surgimento de feições erosivas de maiores dimensões, como sulcos e ravinas (Foto 10.34).



**Foto 10.34 - Ravina desenvolvida sobre Latossolo Vermelho (LV), em estrada de acesso de eucaliptal, na área de influência direta da adutora.**

Em meio às áreas de silvicultura, nos vales cortados pelo traçado da adutora, são comuns Cambissolos Háplicos (Foto 10.35) formados pela alteração das rochas e, em parte, das coberturas detríticas depositadas nas vertentes. Estes apresentam horizonte de profundidade variável, com fase pedregosa pronunciada.



**Foto 10.35 - Perfil de Cambissolo Háplico (CX) na baixa vertente de vale interceptado pela adutora. Imediatamente acima se observa a ocorrência de Latossolo Vermelho-Amarelo.**

Nos vales cortados pela adutora ocorrem afloramentos rochosos (Foto 10.36) que incidem de forma pontual, junto à faixa de servidão pretendida. Na maior parte dos casos estes afloramentos são representados por diamictitos e coberturas quaternárias (cangas lateríticas).



**Foto 10.36 - Canga Laterítica em meio à vegetação de cerrado - AID da adutora.**

O contato entre os Cambissolos, presentes em boa parte das vertentes, e os Latossolos, sobrejacentes, costuma ocorrer de maneira abrupta. Esta divisão fica bem evidenciada pelo manejo das áreas silvícolas, que avançam somente até os limites das áreas aplainadas, onde ocorrem os Latossolos. A silvicultura prefere esses locais por dois motivos: o relevo plano favorece a mecanização e os Latossolos apresentam estruturação física favorável ao manejo.

No trecho norte da adutora, no qual o traçado se aproxima da vertente do vale do córrego Bonito, predominam os Latossolos Vermelho-amarelos com características distróficas e textura argilo-arenosa (Foto 10.37). Estes solos se desenvolveram nas áreas aplainadas das chapadas que caracterizam esta porção e, em geral, seus perfis atingem mais de 6 m de profundidade, esse cenário segue até o vale do córrego da Cancela.



**Foto 10.37 - Latossolo Vermelho-amarelo (LVA) em área de eucaliptal.**

Sobre os Latossolos Vermelho-Amarelos foram identificadas as maiores feições erosivas na área de influência da adutora. Tais feições (ravinas e voçorocas) surgiram ao lado das estradas que cortam os eucaliptais (Foto 10.38), provavelmente devido à não implantação de dispositivos de controle pluvial. Em alguns locais a profundidade destas erosões chega a cerca de 5 m.





**Foto 10.38 - Ravina evoluindo para voçoroca próxima a faixa de servidão da adutora, desenvolvida sobre Latossolo Vermelho-amarelo.**

Já próximo à chegada do traçado pretendido para a adutora, nos limites do Complexo Minerário (Bloco 8), observam-se afloramentos de rocha nas áreas escarpadas dos vales dos córregos da Cancela e do Vale (Foto 10.39). Nesse trecho voltam a ocorrer Cambissolos Háplicos (CX), situados nas médias e baixas vertentes. Esses solos apresentam características de gênese semelhantes à daqueles identificados no início do traçado, sendo originados da alteração local da rocha e também da cobertura detrítica proveniente das altas vertentes (Foto 10.39).



**Foto 10.39 - Visão geral de uma das cabeceiras do córrego do Vale. Ocorrência de afloramento na meia encosta e Cambissolos Háplico (CX), ponto aproximado onde chegará o traçado da adutora (linha tracejada).**

As características dos Cambissolos, constituídos basicamente pela alteração da rocha e do material de vertente inconsolidado, favorecem o surgimento de processos erosivos e de movimentos de massa. Já próximo às futuras instalações minerárias podem ser observados sulcos e ravinamentos nas encostas.

#### **10.4 - Solos: Aptidão agrícola, potencialidades e limitações**

O presente item tem como objetivo apresentar o potencial agrícola dos solos mapeados nas áreas de estudo do Complexo Minerário e Adutora. O diagnóstico de aptidão agrícola foi elaborado considerando a Avaliação de Aptidão Agrícola (Embrapa, 2004), que segue o Sistema de Avaliação Agrícola da Terra (Ramalho Filho & Beek, 1995), e nas tipologias dos solos mapeados em campo, suas características físicas, a morfologia do terreno, o uso e a cobertura do solo e o comportamento dos solos frente à erosão.

A Avaliação de Aptidão Agrícola da Terra (Embrapa, 2004) consiste em uma classificação técnica que identifica o potencial agrícola de utilização das terras, avaliando as limitações do solo em níveis de manejo diferenciados a partir das informações geradas em um levantamento pedológico.

As limitações são definidas em graus relativos às cinco qualidades básicas da terra: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água (ou deficiência de oxigênio), suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

A classificação considera três níveis de manejo, representados pelas letras A, B, C, correspondendo, respectivamente, aos níveis de manejo tradicional (baixo nível tecnológico / primitivo), pouco desenvolvido (médio nível tecnológico) e desenvolvido (alto nível tecnológico), conforme descrito abaixo:

- A - práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico, onde quase não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das terras e lavouras, e uso de trabalho braçal ou alguma tração animal de implementos simples;
- B - práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio, modesta aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das terras e lavouras, práticas condicionadas à tração animal; e
- C - práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico onde há aplicação intensiva de capital para manejo, melhoramento e conservação das terras e lavouras, e há a presença de motomecanização em diferentes fases da operação agrícola (Menezes et al. 2009)

A partir do levantamento de campo, que diagnosticou a presença de cinco categorias de solos na área de estudo, no caso, Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos, Cambissolos Háplicos, Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos Amarelos (Anexos 17 e 18), foi feita a descrição da aptidão agrícola dos solos mapeados em campo, com base na sua localização, seus fatores de limitação físico-química, suas potencialidades para uso agrícola e o seu enquadramento nos níveis de manejo (Embrapa, 2004). Esta análise é apresentada a seguir para cada tipologia de solo mapeado.

#### **10.4.1 - Neossolos Litólicos**

Os Neossolos Litólicos são solos que apresentam fortes limitações físicas para o desenvolvimento de atividades agrícolas. As suas características de pedregosidade, rochiosidade e reduzida profundidade efetiva dificultam a permeabilidade e a capacidade de absorção de água, o enraizamento das plantas em profundidade e o uso de maquinários.

Além disso, os Neossolos Litólicos são solos bastante erosivos pelo declive acentuado e os altos teores de silte. O risco de erosão pode ser considerado um dos maiores problemas, pois erosões lineares em sulcos são facilmente formadas em épocas chuvosas, mesmo quando são usados somente para pastagem.

Segundo a Embrapa (2004), os Neossolos Litólicos correspondem às terras de solos com aptidão inapta para uso agrícola, ou seja, inclui terras em que as restrições de uso não justificam qualquer atividade agrônômica ou qualquer investimento agrícola ao nível da tecnologia atual.

A presença de Neossolos Litólicos na área de estudo do Complexo Minerário e Adutora é bastante restrita, cuja ocorrência está muitas vezes associada às rupturas de relevo, por vezes intercalada com afloramentos rochosos. O único uso encontrado associado aos Neossolos Litólicos foi a pastagem natural, com poucas cabeças de gado. A pequena profundidade desses solos impede o desenvolvimento radicular das plantas e o estabelecimento de pastagens artificiais, seja extensiva ou intensiva. Na área de estudo, os Neossolos Litólicos são encontrados principalmente em áreas de cerrado e campo sujo sem uso antrópico.

#### **10.4.2 - Neossolos Flúvicos**

Os Neossolos Flúvicos são solos derivados de sedimentos aluviais depositados durante enchentes regulares mostrando estratificação ou perfil irregular de matéria orgânica. Os Neossolos Flúvicos se dispõem em relevo aplainado ou deprimido, o que os isenta de problemas maiores relacionados à erosão (Embrapa, 2006).

São solos importantes na agricultura de vazante e naquelas regiões próximas aos leitos dos rios, pois são solos profundos, com condições adequadas para o enraizamento. No entanto, a principal limitação ao uso agrícola está relacionada às inundações periódicas, que podem ser frequentes ou muito frequentes.

Conforme a Embrapa (2004), os Neossolos Flúvicos apresentam um potencial nutricional bastante elevado devido à alta saturação por bases, podendo ser utilizado em lavouras com aptidão boa nos níveis de manejo A (baixo nível tecnológico) e B (nível tecnológico médio) e aptidão regular no nível de manejo c (alto nível tecnológico).

Na área de estudo, os ambientes propícios à formação de Neossolos Flúvicos são escassos devido ao forte encaixamento e a capacidade de transporte da rede de drenagem local, que favorece o seu entalhamento em detrimento a acumulação fluvial. Por isso, a ocorrência dos Neossolos Flúvicos é pontual e pouco expressiva, sendo mais evidenciada às margens de drenagens como a do rio Vacaria e o córrego Lamarão, onde há formação de planícies e deposição de materiais mais finos. Não foi verificado nenhum tipo de uso associado aos Neossolos Flúvicos encontrados na área de estudo.

#### **10.4.3 - Cambissolos Háplicos**

Os Cambissolos formam uma classe de solos muito heterogênea devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas onde são formados. Assim, a sua aptidão agrícola pode variar muito de um local para o outro.

Os Cambissolos encontrados na área de estudo são do tipo Háplicos. Apresentam fragmentos da rocha matriz no perfil, horizonte B pouco desenvolvido, baixo grau de estruturação e textura média cascalhenta ou muito cascalhenta descontínua dada à estratificação do material. Estas características dificultam o uso de maquinários e os tornam muito suscetíveis ao desenvolvimento de processos erosivos. Além disso, a sua pequena profundidade impede a expansão do sistema radicular das plantas, tornando-os vulneráveis a situações de deficiência hídrica e fertilidade.

Quanto as suas características químicas destaca-se o seu caráter distrófico, apresentando, portanto, baixa fertilidade natural, sendo necessárias medidas de manutenção dos níveis de matéria orgânica, aplicação de calcário, correção de macro e micro nutrientes, entre eles o fósforo e o zinco, respectivamente (Embrapa, 2006). Estas necessidades de manejo, associadas ainda à textura cascalhenta, tornam-se grandes impeditivos para a prática de atividades agrícolas e até mesmo pecuárias nas áreas onde predominam os Cambissolos Háplicos.

De acordo com a Embrapa (2004), os Cambissolos Háplicos na área de estudo apresentam aptidão restrita para silvicultura e pastagem natural no manejo A e sem aptidão agrícola quando rasos. O reflorestamento com espécies nativas deve ser incentivado em áreas que sofreram desmatamento para possibilitar a cobertura do solo e reduzir os riscos de erosão.

Na área de estudo, os cambissolos apresentam textura mais grosseira, correspondendo, na maioria dos casos, a cambissolos oriundos da alteração da rocha matriz (metadiamicititos, quartzitos e xistos) e de materiais coluvionares e/ou eluviais. Predominam nas vertentes, estando por vezes intercalados a Neossolos Litólicos e a Afloramentos de Rocha. Em função dessas características, apresentam limitações físicas para a implantação de estruturas, o que exige cuidados especiais para a execução de construções, e favorecem o surgimento de processos erosivos e movimentos de massa. Já próximo às futuras instalações minerárias podem ser observados sulcos e ravinamentos nas encostas. Portanto, os cambissolos da área de estudo apresentam sérias restrições ao uso agrícola.

#### **10.4.4 - Latossolos**

Os latossolos são passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. Normalmente, estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, o que facilita a mecanização. São profundos, porosos, bem drenados, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis e de fácil preparo (EMBRAPA, 2006).

As principais limitações dos latossolos são a acidez elevada e a fertilidade química baixa, o que requer manejo adequado com correção da acidez, adubação e controle de erosão como, por exemplo, o terraceamento em áreas agricultáveis, especialmente nos solos de textura média, que são os mais pobres e susceptíveis à erosão. A deficiência de micronutrientes pode ocorrer, sobretudo nos solos de textura média (EMBRAPA, 2006).

Na área de estudo a intensa utilização desta unidade de solos, representada por Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, em atividades de silvicultura se sobressai, tanto na área do Complexo Minerário, quanto na área da Adutora. Verifica-se a presença de grandes manchas de florestas de eucalipto, mantidas nos topos dos platôs, onde há um ambiente favorável que associa os solos profundos a um relevo plano.

O contato entre os Latossolos, nos topos, e os Cambissolos, presentes em boa parte das vertentes, costuma ocorrer de maneira abrupta. Esta divisão fica bem evidenciada pelo manejo das áreas silvícolas, que avançam somente até os limites das áreas aplainadas, onde ocorrem os Latossolos. A silvicultura prefere esses locais por dois motivos: o relevo plano favorece a mecanização e os Latossolos apresentam estruturação física favorável ao manejo.

#### **10.4.4.1 - Latossolos Vermelhos**

Na área de estudo, os Latossolos Vermelhos ocorrem na área do Complexo Minerário e Adutora, com maior frequência nos topos dos platôs onde a topografia aplainada colabora para o desenvolvimento do solo. Os Latossolos Vermelhos apresentam perfil bem desenvolvido e boa drenagem interna, são profundos e porosos e, portanto, fáceis de serem escavados. São apropriados para atividades diversas tais como a silvicultura. De acordo com o mapeamento da Embrapa (2004), a aptidão dos Latossolos Vermelhos é regular para as lavouras nos níveis de manejo B e C e restrita no nível A.

#### **10.4.4.2 - Latossolos Vermelho-Amarelos**

Os Latossolos Vermelho-Amarelos ocorrem em grande parte da área de estudo do complexo minerário e com maior frequência no segmento norte da adutora. São solos profundos, permeáveis e com textura argilosa. Os perfis, que são bem desenvolvidos, possibilitam a manutenção de cultivos representados, neste caso, por extensas áreas de manejo silvícola, com o plantio de eucaliptos e pinus, como na área situada adjacente às futuras estruturas da área industrial e administrativas e temporárias (canteiros de obra e alojamentos), que se estende até próximo à rodovia BR 251. De acordo com o mapeamento da Embrapa (2004), a aptidão dos Latossolos Vermelho-Amarelos é regular para as lavouras nos níveis de manejo B e C e restrita no nível A.

### **10.5 - Susceptibilidade à erosão**

O presente item tem como objetivo apresentar o mapa de susceptibilidade à erosão para a área de estudo do complexo minerário e adutora. O mesmo constitui-se de grande importância para o conhecimento da susceptibilidade erosiva do meio e para subsidiar a análise de alguns impactos inerentes às atividades de implantação e operação do empreendimento.

Os conceitos de susceptibilidade ou vulnerabilidade à erosão são aplicados tendo como base a teoria da ecodinâmica de Tricart (1977), que leva em conta a relação morfogênese / pedogênese. Quando ocorre o predomínio da morfogênese, há um domínio de processos erosivos que irão modificar as características do relevo, tornando-o instável e, como consequência, a vulnerabilidade natural à erosão nessas regiões será maior. De outra forma, quando há o predomínio da pedogênese, a formação do solo é dominante e os terrenos podem ser considerados como estáveis (Neto, 2010).

A susceptibilidade erosiva torna-se, assim, um indicador da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica ou de um sistema natural. Os sistemas ambientais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características genéticas. Qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, cobertura do solo, microclima e recursos hídricos) acarreta o comprometimento da funcionalidade do sistema, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico. A identificação dos ambientes naturais e de suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas em uma região (Ross, 2004; Kawakubo *et al.*, 2005).

Com base no conceito de ecodinâmica de Tricart (1977), Crepani *et al.* (1996; 2001) desenvolveram uma metodologia para expressar a susceptibilidade / vulnerabilidade à erosão através da atribuição de valores de estabilidade aos processos de perda de solos para cada aspecto analisado, sendo eles: litologia, solos, declividade, clima e vegetação/uso e cobertura do solo.

No presente estudo optou-se pela adoção somente das variáveis de pedologia, declividade e uso e ocupação do solo devido às litologias muito alteradas e pouco expostas, que não condicionam processos erosivos, e à semelhança do clima no contexto da área de estudo do complexo minerário e adutora, não havendo variações expressivas que justifiquem sua inserção como fator de diferenciação para a potencialização de feições erosivas.

Segundo Oliveira (2007), IPT (1988); IPT (1988) e Silva & Barbieri (2004) esses aspectos possuem as seguintes funções:

- Relevo: Relevos com declividades mais acentuadas (relevos acidentados) favorecem a concentração e o aumento da velocidade do escoamento das águas, aumentando, assim, sua capacidade erosiva. Além disso, a declividade tem tanto maior importância quanto maior for o trecho percorrido pela água que escoar, ou seja, quanto maior for a amplitude da encosta.
- Solos: A textura, a estrutura e a permeabilidade dos solos irão determinar a maior ou menor susceptibilidade / vulnerabilidade destes à erosão.

- Cobertura do solo: A presença de vegetação impede a erosão superficial acelerada, pois mantém a estruturação do solo e reduz a velocidade do fluxo de água, forçando sua infiltração pelas raízes, além de fornecer maior rugosidade à superfície. Por outro lado, áreas de solo exposto, áreas sem práticas de manejo, pastagens etc. aumentam a susceptibilidade à erosão do terreno, já que diminuem a capacidade de agregação do solo e aumentam o impacto das gotas da chuva, a compactação e o escoamento superficial, dentre outros.

Vale ressaltar que, considerando as condições climáticas do Brasil, a erosão pluvial é o principal processo erosivo atuante. A erosão pluvial pode ser laminar (em lençol ou superficial), quando causada pelo escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo, ou linear, quando causada pela concentração das águas do escoamento superficial, resultando em incisões na superfície dos tipos sulcos, ravinas e voçorocas (Silva & Barbieri, 2004).

É também importante ressaltar que a identificação dos ambientes naturais é sempre muito complexa, pois são inúmeras as características que compõem um ambiente, as quais atuam simultaneamente e expressam a dinâmica de diversas forças / elementos de um determinado local. Além disso, as representações cartográficas partem sempre de generalizações, ou seja, as representações não conseguem ser completamente fiéis à realidade, por maior que seja a escala. Dessa forma, o mapeamento de susceptibilidade sempre parte de algumas limitações e sua qualidade depende diretamente da qualidade das bases elaboradas.

### 10.5.1 - Metodologia

As variáveis solo, declividade e uso e cobertura do solo foram caracterizadas e classificadas em função da sua susceptibilidade à erosão no contexto da área de estudo. Para cada variável foram estabelecidas cinco classes de susceptibilidade à erosão, classificadas em Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta, atribuindo-se a cada classe pesos que variaram de 1 a 3 (quadros 10.1, 10.2 e 10.3).

Os valores e as classes de vulnerabilidade foram gerados de acordo com as características físicas da área, utilizando-se para tal as bases disponibilizadas em formato *shapefiles* do *software* ArcGIS. O banco de dados para a elaboração do mapa de susceptibilidade pautou-se pelo levantamento de dados primários, realizado durante os trabalhos de campo, e pela utilização da base de declividade da SAM (Sul América de Metais), elaborada a partir da interpolação de curvas de nível 1 em 1 metro (aerolevanteamento a laser), com maior precisão, e imagens ASTER, com menor precisão. A digitalização do mapeamento de uso e cobertura do solo foi elaborada pela Sul América de Metais.

Posteriormente, em ambiente GIS, as variáveis foram cruzadas e os pesos somados e divididos por três, obtendo-se então, a média do cruzamento de dados, que sintetiza a susceptibilidade à erosão da área.



A seguir são apresentadas as três variáveis escolhidas para o estudo (solo, declividade e uso e ocupação do solo) e as respectivas caracterizações quanto à suscetibilidade à erosão.

## **Solos**

A erodibilidade do solo pode ser entendida como sendo a susceptibilidade à erosão decorrente do tamanho das partículas sólidas e da estabilidade dos agregados que compõe o solo. A erodibilidade tende a aumentar quando os teores de areia muito fina e silte são elevados, e a diminuir com a elevação dos teores de argila e matéria orgânica (Wischmeier e Smith, 1958). As argilas comportam-se como elementos agregantes do solo devido à sua alta atividade eletroquímica. A areia é transportada com dificuldade devido ao seu peso. Por outro lado, o silte é a porção textural mais suscetível aos agentes erosivos, pois não possui nem a característica agregante da argila, nem o peso da areia.

Considerando somente a granulometria, Rezende & Rezende (1983) citam que o solo será mais resistente à erosão quanto melhor for a combinação dos fatores condutividade hidráulica e estabilidade dos agregados. No entanto, essas propriedades têm efeitos inversamente proporcionais, pois solos menos coerentes são os que apresentam maior taxa de infiltração e vice-versa, o que se deve à distribuição dos tamanhos dos poros do solo. Nos solos pouco coerentes, como os de textura arenosa, há uma grande quantidade de macroporos (maiores que 50 µm), os quais são responsáveis pela infiltração da água no perfil do solo. Nos solos coerentes, de textura argilosa, há alta quantidade de microporos, favorecendo a retenção e a armazenagem de água no solo. Nota-se, porém, que o arranjo interagregado de solos argilosos favorece a manutenção de altos valores de condutividade hidráulica e a alta resistência à erosão.

A condutividade hidráulica não permanece constante no mesmo solo, devido aos processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem continuamente, como por exemplo, a alteração do complexo de íons trocáveis e a migração de partículas de argila durante o fluxo (Klar, 1984; Reichardt, 1990). Por isso, a análise dos solos quanto à susceptibilidade à erosão levou em consideração sua profundidade, permeabilidade e textura das camadas superficial e subsuperficial, as quais correspondem aos principais atributos que influenciam na erodibilidade e na infiltração da água no perfil do solo.

No quadro 10.1 abaixo, são apresentadas as classes de solo encontradas na área de estudo do complexo minerário e adutora, juntamente com as respectivas classes de susceptibilidade à erosão.

### QUADRO 10.1 - Escala de susceptibilidade das tipologias de solos

Pedologia	Pesos de Susceptibilidade	Classes de Susceptibilidade
Latossolos	1	Muito baixa
N.C	1.5	Baixa
N.C	2	Média
N.C	2.5	Alta
Cambissolos, Neossolos e Afloramentos rochosos.	3	Muito Alta

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001).

**N.C - não consta**

Vale destacar que os afloramentos de rocha não apresentam classes de solos por não desenvolverem processos pedogenéticos. Os mesmos foram classificados com susceptibilidade muito alta, com base nos valores de vulnerabilidade de Crepani *et al.*, (2001). Além disso, ressalta-se que tanto para a área do complexo minerário quanto para a adutora, os cambissolos e neossolos foram classificados com susceptibilidade muito alta devido ao alto potencial erosivo identificado nos solos da área.

#### **Declividade**

A declividade do relevo influi no desenvolvimento pedogenético, uma vez que atua como condicionante na infiltração de água necessária ao desenvolvimento de solos mais profundos, bem como na predisposição à retirada de solo, seja por erosão ou por movimento de massa.

Assim, a declividade do terreno é um fator que influencia enormemente a susceptibilidade à erosão de uma área, já que o tamanho e a quantidade do material carregado pela água em um processo erosivo dependem da velocidade com que esta escoar pelo solo, sendo a velocidade em função do comprimento do declive e da inclinação do terreno. Sendo assim, áreas mais declivosas são as mais vulneráveis à instalação e intensificação de processos erosivos.

A declividade do terreno também é um fator condicionante na predisposição à ocorrência de movimentos de massa. Quanto maior a declividade, maior a susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa, pois o aumento da inclinação da encosta aumenta o efeito da força de gravidade em relação à força de resistência.

Com base nos trabalhos de Filho *et al.* (1998), os intervalos de declividade foram divididos em 5 classes e classificados de acordo com a susceptibilidade à erosão, como mostrado no quadro 10.2 a seguir.

## QUADRO 10.2 - Escala de susceptibilidade das classes de declividade

Declividade	Pesos de Susceptibilidade	Classes de Susceptibilidade
0-6	1.0	Muito baixa
6-12	1.5	Baixa
12-20	2	Média
20-30	2.5	Alta
>30	3	Muito Alta

A área de estudo do complexo minerário apresenta, do ponto de vista geomorfológico, o predomínio de uma topografia geralmente suave, sendo composta predominantemente por extensas chapadas. Porém, essa homogeneidade é recortada por intensa dissecação fluvial, devido ao encaixamento da rede de drenagem em fraturas e falhas. Essas áreas por vezes atingem declividades superiores a 30 graus, apresentando formas escarpadas.

A área de estudo da adutora, por sua vez, corta dois grandes tipos de unidade de relevo: as “Chapadas”, onde o relevo é muito plano, e os “Vales e Terraços Quaternários”, onde a drenagem encontra-se mais encaixada e as declividades são mais bruscas.

### **Uso e ocupação dos solos**

Verificar o uso e ocupação do solo de uma área faz-se extremamente necessário, pois se trata de um elemento que influencia no grau de proteção do solo e que pode provocar e/ou desencadear processos erosivos e movimentos de massa.

Sabe-se que quanto mais protegido estiver o solo, menor será a sua susceptibilidade à erosão e aos movimentos de massa. Assim, as áreas com cobertura vegetal terão susceptibilidade muito menor à erosão e aos movimentos de massa do que aquelas com exposição que aceleram os processos erosivos e movimentos de massa. A presença de vegetação impede a erosão superficial acelerada, pois mantém a estruturação do solo e reduz a velocidade do fluxo de água, forçando sua infiltração pelas raízes, além de fornecer maior rugosidade à superfície.

A ação antrópica destrutiva sobre a vegetação tem gerado e/ou acelerado processos de degradação pedológica ao favorecer o aumento do impacto das gotas da chuva sobre os solos, ao reduzir a matéria orgânica presente no solo, ao diminuir a capacidade de agregação do solo, ao aumentar a compactação do solo e o escoamento superficial e ao diminuir a capacidade de infiltração.

Com base nas considerações acima, os diferentes usos e ocupação do solo da área do complexo minerário e adutora, apresentados no mapeamento deste EIA, foram agrupados em cinco grupos, em função das semelhanças que eles desempenham no fator de proteção do solo, para assim, estabelecer o grau de susceptibilidade de cada grupo, conforme apresentado no quadro 10.3 a seguir:

### QUADRO 10.3 - Escala de susceptibilidade das classes de uso e cobertura do solo

Grupos de uso e cobertura do solo	Pesos de susceptibilidade	Classes de Susceptibilidade
Aglomerados habitacionais, Rodovias, Coberturas naturais e Massas d'água	1	Muito baixa
Coberturas naturais descaracterizadas e Plantio de Cacau	1.5	Baixa
Silvicultura e Agricultura de subsistência	2	Média
Pastagem	2.5	Alta
Ambiente Degradado	3.0	Muito Alta

#### **Cruzamento dos dados**

O cruzamento dos dados foi feito considerando as variáveis e os pesos apresentados acima. Dessa forma, para a confecção do mapa, primeiro efetuou-se a hierarquização dos parâmetros solos, declividade e uso e ocupação do solo quanto ao grau de susceptibilidade / vulnerabilidade à erosão. Na sequência atribuiu-se valores para cada classe existente, que variaram de 1 a 3, e foi feito o cruzamento dos dados de acordo com a equação abaixo:

$$\text{Susceptibilidade} = ([\text{Pedologia}] + [\text{Declividade}] + [\text{uso e ocupação do solo}]) / 3$$

Por fim, os resultados obtidos foram enquadrados em intervalos de classes de susceptibilidade à erosão. Para a área do complexo minerário manteve-se cinco classes de susceptibilidade devido ao detalhamento das bases disponíveis, enquanto para a área da adutora foram consideradas três classes de susceptibilidade, de forma a adequar o cruzamento da base de declividade, menos precisa, com os dados obtidos em campo referentes aos solos e ao uso e ocupação.

O mapa de susceptibilidade elaborado para a área de estudo do complexo minerário engloba toda a porção do alto curso do córrego Lamarão e o mapa elaborado para a área de estudo da adutora engloba um buffer de 500 metros em torno da área diretamente afetada (ADA), sendo 250 metros para cada lado da ADA do eixo do duto. O tamanho da área selecionado foi definido considerando-se as áreas onde as três variáveis foram mapeadas.

A análise dos resultados da área do complexo minerário e da adutora pautou-se da seguinte forma: as unidades mais estáveis/menos susceptíveis apresentam valores iguais a 1 ou até 1.5. Acima de 1.5 até 2, a susceptibilidade é intermediária, e as mais instáveis / susceptíveis à erosão estão próximas de 3,0. O quadro 10.7 mostra a escala de susceptibilidade à erosão (Crepani *et al.*, 2001).

## 10.5.2 - Complexo Minerário

Como resultado dos estudos foram identificadas cinco classes gerais de susceptibilidade à erosão: Muito Alta, Alta, Média, Baixa e Muito Baixa (quadro 10.4). Salienta-se que os resultados obtidos representam uma tendência geral da área e localmente podem se mostrar incorretos, uma vez que os dados utilizados apresentam escalas e objetivos de mapeamento diferentes (quadro 10.4).

### QUADRO 10.4 - Classes de susceptibilidade à erosão - Complexo Minerário

Classes de Susceptibilidade do mapa	Intervalo de Classes de Susceptibilidade
Muito baixa	1.0
Baixa	1.1 - 1.59
Média	1.6 - 2.0
Alta	2.1 - 2.5
Muito Alta	2.6 - 3.0

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.*, 2001.

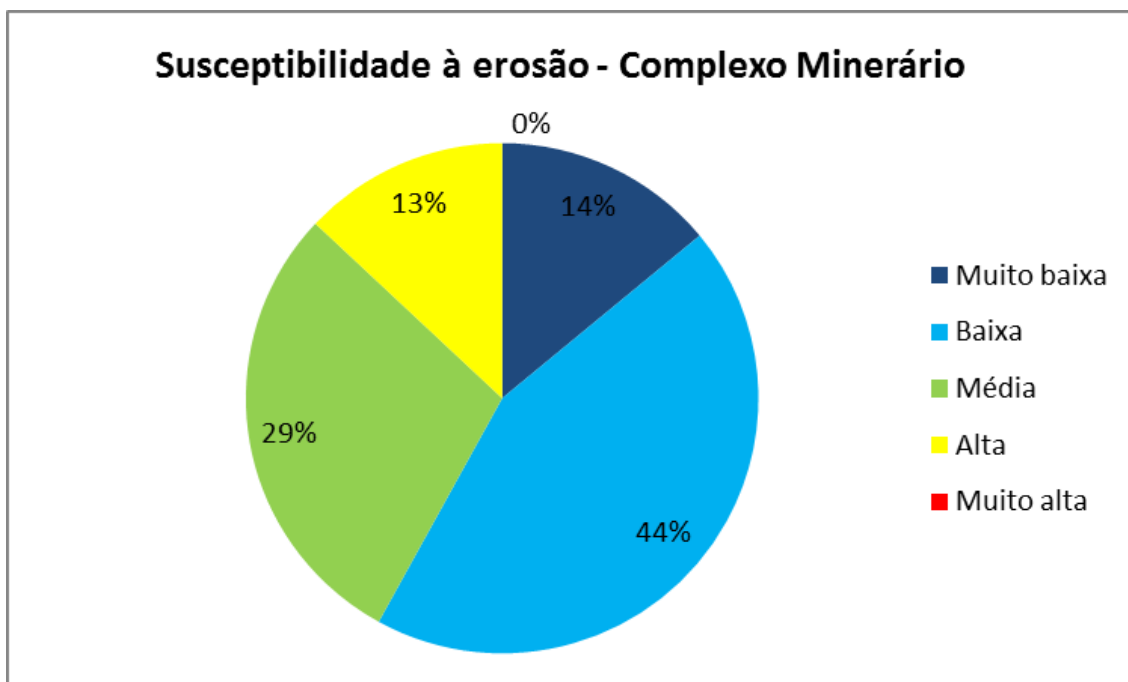
No mapeamento de susceptibilidade à erosão elaborado a partir do cruzamento de dados em ambiente GIS, pôde-se observar que as classes de susceptibilidade que mais se destacaram foram as classes de susceptibilidade intermediárias, entre Baixa e Média, conforme pode ser visto no Anexo 17 B - Mapa de Susceptibilidade à Erosão - Complexo Minerário. O quadro 10.5 e a figura 10.1 expõem a estatística dos resultados encontrados.

Na área de estudo do complexo minerário, tem-se que 73% da área situa-se nas classes de susceptibilidade Média e Baixa, sendo a classe Baixa (44%) a mais ocorrente, seguida da Média (29%). As classes de susceptibilidade Muito Baixa e Alta também apresentaram porcentagens significativas, representando, respectivamente, 14% e 13% da área total. A classe Muito Alta apresenta praticamente 0% do total, correspondendo a apenas 0,18 m<sup>2</sup> da área, tendo ocorrência, portanto, inexpressiva na área.

### QUADRO 10.5 - Susceptibilidade à erosão na área do complexo minerário

Susceptibilidade à Erosão	Área (hectares)	Área (metros)	Porcentagem (%)
Muito baixa	12.060.243,50	1.206,02	14
Baixa	38.238.182,35	3.823,82	44
Média	24.833.942,38	2.483,39	29
Alta	11.325.432,02	1.132,54	13
Muito Alta	1.762,12	0,18	0

**FIGURA 10.1 - Susceptibilidade à erosão na área do complexo minerário**



A predominância de áreas com baixa susceptibilidade erosiva se deve principalmente às áreas de platôs, que tem declividades suaves e predominância de latossolos, que são pouco susceptíveis à erosão. Mesmo que essas áreas se encontrem ocupadas predominantemente pela silvicultura, a susceptibilidade dessas áreas permanece com baixo potencial erosivo. Em campo foi observado que essas áreas apresentam alguns sulcos erosivos, porém de pequena magnitude.

As áreas de susceptibilidade muito baixa (14%) concentram-se nas bordas oeste e sul da área de estudo do complexo minerário (Anexo 17 B), em terrenos com baixa declividade e ocorrência de solos estáveis, além de apresentar fisionomias vegetais preservadas, o que contribui para a estabilidade física da área.

A classe média de susceptibilidade à erosão no complexo minerário ocupa 29% da área (Anexo 17 B). Estas áreas se referem principalmente às bordas dos platôs, onde predominam cambissolos e em locais com declividade mais elevada. Os cambissolos da área de estudo são pouco estruturados, pouco coesos e muito pedregosos, o que os tornam muito susceptíveis à erosão. Essas áreas são ocupadas por florestas e fisionomias savânicas, sendo assim, são as variáveis solo e declividade que tornam a susceptibilidade à erosão dessas áreas mediana.

As áreas de susceptibilidade alta (13%) concentram-se nos vales dissecados (Anexo 17 B), onde a declividade é alta e os solos são do tipo cambissolos e em algumas porções do tipo neossolos. Essas áreas são ocupadas principalmente por florestas e em algumas porções por fisionomias savânicas. Pequenos cânions são formados na área. Algumas áreas de susceptibilidade alta também ocorrem em áreas de relevo mais suave, mas que apresentam ocupação antrópica.

Dessa forma, pode-se considerar que a área de estudo do complexo minerário apresenta susceptibilidade à erosão predominantemente intermediária (baixa a média). As áreas mais suscetíveis à erosão são condicionadas ora pela declividade e ora pelo uso e ocupação do solo, onde os solos são principalmente do tipo cambissolos. Sendo assim, as atividades do empreendimento devem considerar as especificidades dos solos da área, especialmente em áreas mais declivosas, onde os processos erosivos podem ser desencadeados de forma mais intensa e expressiva. As áreas de platôs, apesar de apresentarem atividade silvícola, são mais estáveis, pois apresentam solos bem estruturados e declividades bem suaves. No entanto, considerando a retirada das plantações de eucalipto para a implantação do empreendimento, deve-se considerar o teor argiloso dos latossolos da área, que podem aumentar a velocidade do fluxo d'água pluvial com o efeito *splash* e desencadear processos erosivos, especialmente do tipo laminar, com o carreamento de sedimentos para as drenagens locais.

### 10.5.3 - Adutora

Para a confecção do mapa da área de estudo da adutora, as unidades solos, declividade e uso e ocupação do solo foram hierarquizadas em três classes de susceptibilidade (Baixa, Média e Alta), de forma a compatibilizar as bases de dados existentes, tendo em vista que a base de declividade da Sul Americana de Metais para essa área foi obtida a partir do processamento de dados topográficos do satélite ASTER, originalmente com curvas de nível a cada 15 m, interpoladas para curvas de nível a cada metro, apresentando, assim, menor resolução espacial do que na área do complexo minerário.

O quadro 10.6 mostra a escala de susceptibilidade à erosão na adutora, enquanto o Anexo 18 B apresenta o mapa de susceptibilidade à erosão da área de estudo da adutora.

**QUADRO 10.6 - Classes de susceptibilidade à erosão da adutora**

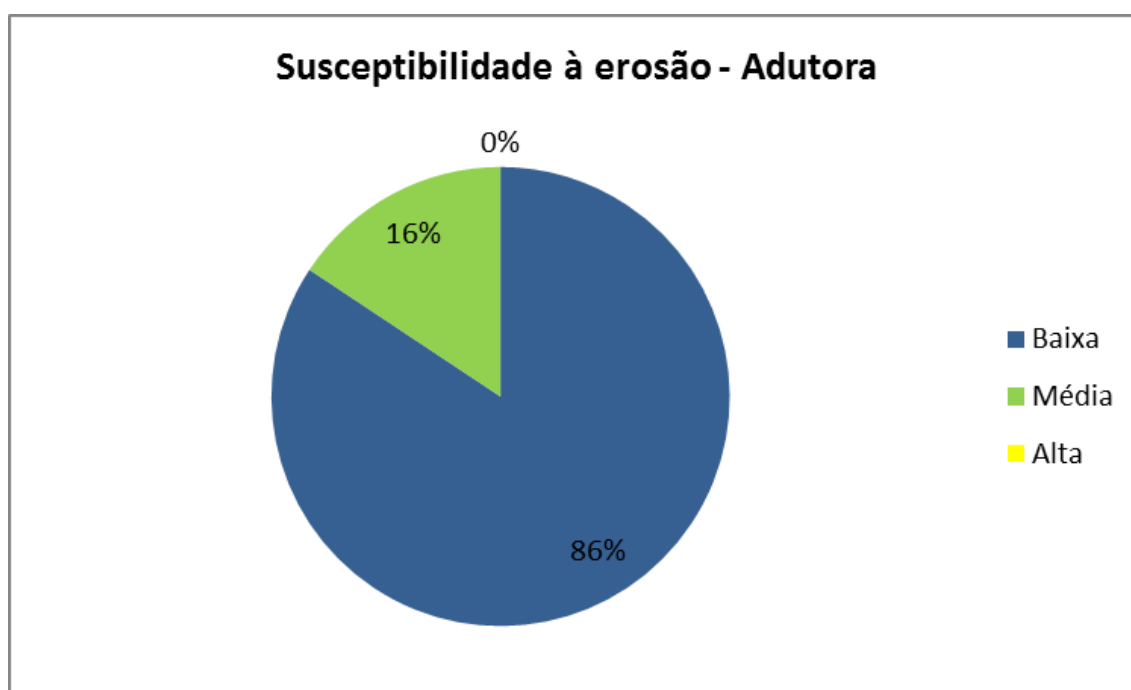
Classes de Susceptibilidade do mapa	Intervalo de Classe
Baixa	1.1 - 1.59
Média	1.6 - 2.59
Alta	2.6 - 3.0

Para a área de estudo da adutora, tem-se que 84% da área apresenta susceptibilidade Baixa, seguida pela classe Média, com 16%. Não se registrou a ocorrência de áreas com susceptibilidade alta, conforme pode ser visto no Anexo 18 B, e no quadro 10.7 e na figura abaixo 10.2.

**QUADRO 10.7 - Susceptibilidade à erosão na área da adutora**

Susceptibilidade à Erosão	Área (hectares)	Área (metros)	Porcentagem (%)
Baixa	4.865	48.650	84%
Média	944	9.440	16%
Alta	0.00	0.00	0%

**FIGURA 10.2 - Susceptibilidade à erosão na área da adutora**



A predominância da baixa susceptibilidade (86%) à erosão da área de estudo da adutora se deve à grande extensão das áreas de platôs, que correspondem a áreas planas e com predominância de latossolos, que são pouco susceptíveis à erosão, ou seja, apresentam baixo potencial erosivo. Essas áreas são ocupadas predominantemente por silvicultura e agricultura.

As áreas de susceptibilidade mediana (16%) concentram-se nos vales dissecados, onde predominam áreas de agricultura e nas áreas degradadas. No trecho inicial da adutora, próximo à Barragem de Irapé, observa-se uma extensa área desnuda mapeada durante as campanhas de campo (julho/2011), o que eleva significativamente a sua susceptibilidade à erosão, já que o relevo da área é plano e os solos são estáveis, quando preservados.



Dessa forma, as atividades do empreendimento para a implantação da adutora devem despender maior atenção e ações preventivas e mitigadoras especialmente nos locais onde haverá travessias de cursos d'água, já que a maioria dos canais apresenta-se encaixado, formando vales dissecados, conformando áreas de potencial médio à erosão.

## 11 - QUALIDADE DOS SOLOS

Este item apresenta uma avaliação da qualidade físico-química dos solos da área do complexo minerário e adutora.

Esta avaliação foi feita a partir da análise da qualidade do solo em dois pontos de amostragem, um deles situado no local de instalação da futura planta industrial e o outro próximo à futura área da adutora.

O monitoramento teve como objetivo determinar a qualidade dos solos nessas duas importantes áreas do empreendimento, bem como registrar as condições ambientais anteriormente ao início das atividades pretendidas pelo empreendimento (*background*), permitindo assim o acompanhamento futuro dos parâmetros indicadores da manutenção da qualidade ambiental da área.

As campanhas de monitoramento supracitadas foram realizadas em fevereiro de 2011 (futura área industrial) e novembro de 2011 (proximidade ao traçado da adutora).

Estão presentes nos subitens a seguir a metodologia aplicada, as normas e legislações pertinentes e os resultados encontrados. Posteriormente é feita uma discussão dos resultados apresentados.

### 11.1 - Metodologia aplicada

#### 11.1.1 - Identificação dos pontos de monitoramento

Os pontos de monitoramento escolhidos estão localizados na área onde se pretende instalar a planta de beneficiamento de minério do empreendimento (ponto 08-SL-01) e na área próxima ao traçado da adutora (SL-02).

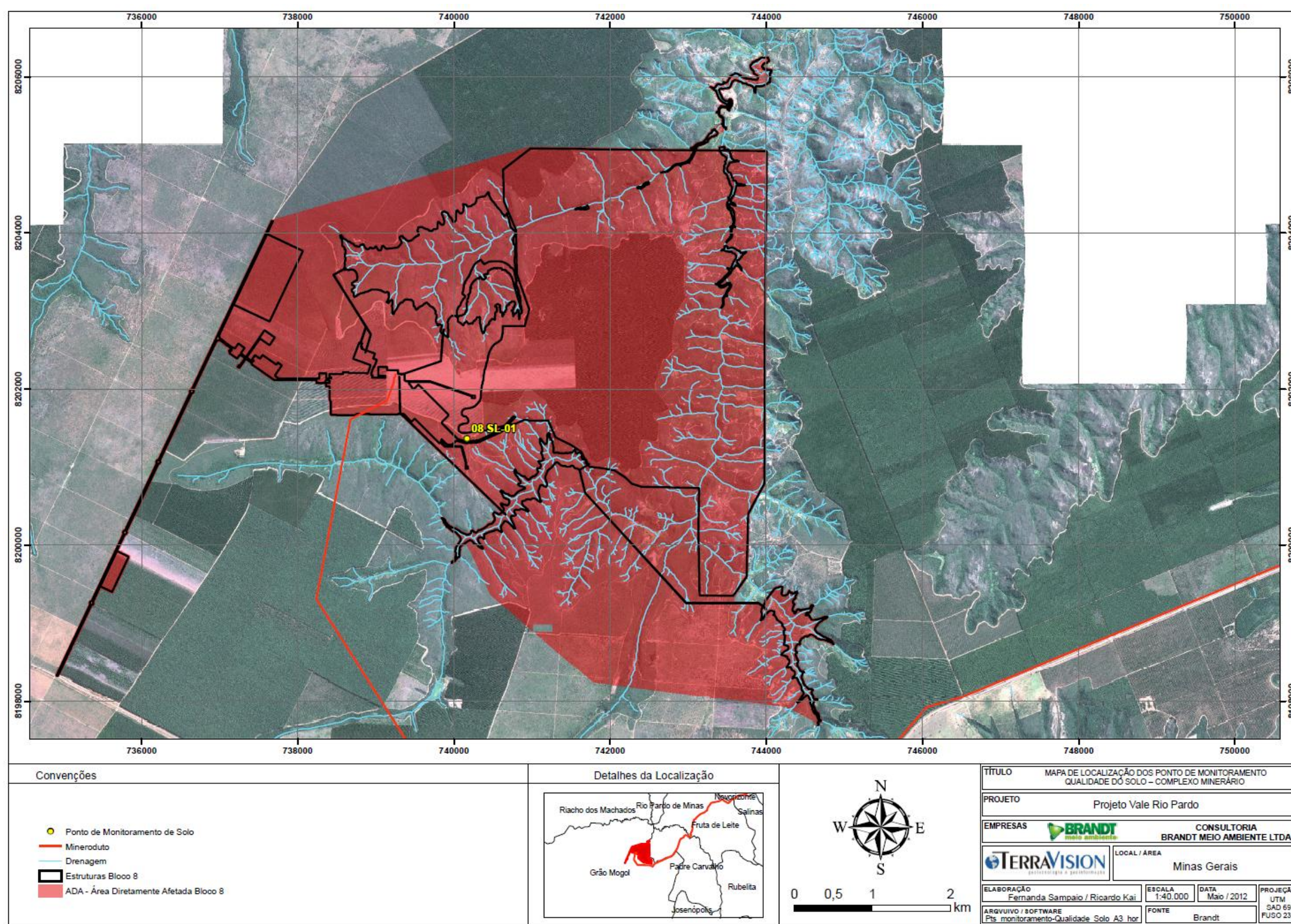
Esses pontos foram considerados representativos e suficientes para uma caracterização geral dos solos da área do complexo minerário e adutora. O quadro 11.1, a seguir, apresenta a identificação dos pontos de monitoramento propostos.

Posteriormente, as figuras 11.1 e 11.2 apresentam a localização dos pontos de amostragem de solo.

**QUADRO 11.1 - Pontos de monitoramento de solo**

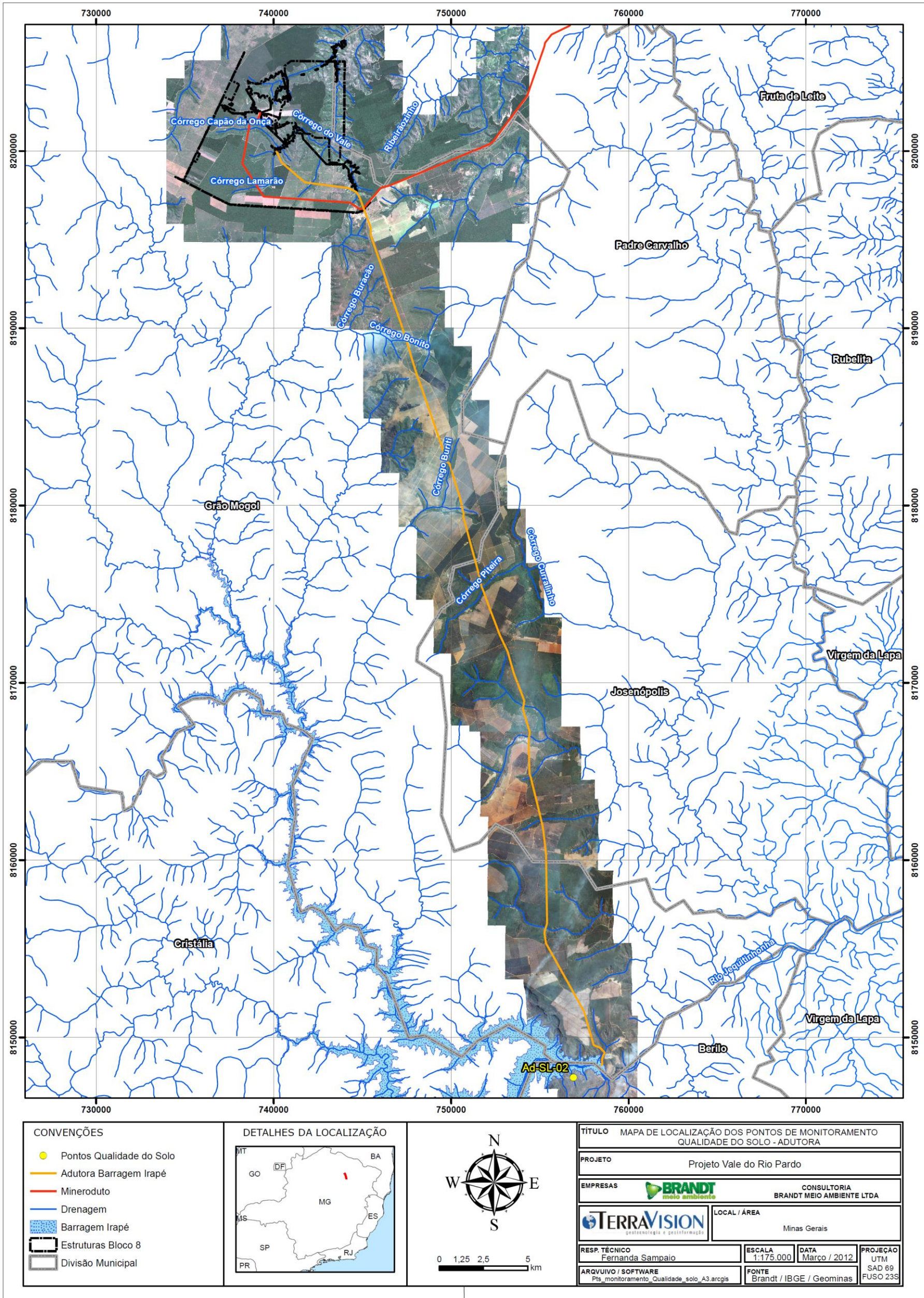
Nomenclatura	Natureza da Amostra	Local	Coordenadas UTM
08-SL-01	Solo	Interior da área de instalação da futura planta de beneficiamento	X: 740.166 E Y: 8.201.369 N
Ad-SL-02		Proximidade ao traçado da adutora conforme pode ser visto na figura 10.2	X: 758.716 E Y: 8.148.248 N

FIGURA 11.1 - Mapa de localização dos Pontos de Monitoramento da Qualidade do Solo - Complexo Minerário





**FIGURA 11.2 - Mapa de Localização dos Pontos de Monitoramento da Qualidade do Solo - Adutora**





### 11.1.2 - Parâmetros de Análise

O quadro a seguir apresenta os parâmetros analisados para os pontos de monitoramento identificados anteriormente.

**QUADRO 11.2 - Relação de parâmetros de monitoramento dos solos**

Ponto	Parâmetros físico-químicos
Solo	<ul style="list-style-type: none"><li>- Inorgânicos: Antimônio Total, Arsênio Total, Bário Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cobalto Total, Cobre Total, Cromo Total, Mercúrio Total, Molibdênio Total, Níquel Total, Prata Total, Selênio Total, Zinco Total;</li> <li>- Orgânicos: 1,2,3,4-Tetraclorobenzeno, 1,2,3,5-Tetraclorobenzeno, 1,2,4,5-Tetraclorobenzeno, 2,3,4,5-Tetraclorofenol, 2,3,4,6-Tetraclorofenol, 2,4,5-Triclorofenol, 3,4-Diclorofenol, Cresóis, Dimetilftalato, Di-n-butilftalato, PCB, 1,2,3-Triclorobenzeno, 1,2,4-Triclorobenzeno, 1,2-Diclorobenzeno, 1,2-Dicloroetano, 1,3,5-Triclorobenzeno, 1,3-Diclorobenzeno, 1,4-Diclorobenzeno, 2,4,6-Triclorofenol, 2,4-Diclorofenol, 2-Clorofenol, Aldrin, Antraceno, HCH gama (Lindano), Benzeno, Benzo (a) Antraceno, Benzo (a) Pireno, Benzo (g,h,i) perileno, Benzo (k) fluoranteno, Beta HCH, Cloreto de Metileno, Cloreto de Vinila, Clorobenzeno, Clorofórmio, Criseno, DDD, DDE, DDT, Dibenzo (a,h) Antraceno, Dieldrin, Endrin, Estireno, Etilbenzeno, Fenantreno, Fenóis Totais, Hexaclorobenzeno, Indeno (1,2,3,cd) Pireno, Naftaleno, Pentaclorofenol, Tetracloroeto de Carbono, Tetracloroetano, Tolueno, Tricloroetano, Xileno.</li></ul>

### 11.1.3 - Frequência do monitoramento

As campanhas de amostragem de solo foram realizadas durante o período chuvoso, em fevereiro de 2011 (ponto 08-SL-01) e novembro de 2011 (ponto Ad-SL-02).

### 11.1.4 - Parâmetros físico-químicos: Métodos de coleta, preservação e processamento das amostras

A coleta das amostras foi feita com base na ABNT NBR 10.007/2004 - Amostragem de Resíduos Sólidos.

As metodologias de preservação e análises físico-químicas seguiram os métodos analíticos presentes no STANDARD METHODS FOR THE ANALYSIS OF WATER AND WASTEWATER, ou métodos EPA, em sua última edição.

### 11.1.5 - Legislação Ambiental

Os resultados obtidos para os parâmetros analisados foram comparados aos valores de PREVENÇÃO e INVESTIGAÇÃO estabelecidos pelo Anexo II da Resolução CONAMA 420/2009 - Lista de valores orientadores para solos e para águas subterrâneas.

Os valores de “prevenção”, segundo a referida Resolução, constituem-se na concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar suas funções principais, conforme indicado no art. 3º do Capítulo 1 dessa Resolução.

Já os valores de “investigação” se constituem nas concentrações acima das quais existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado.

Observa-se que, dentre os valores de referência propostos pelo Anexo II da Resolução CONAMA 420/2009, as concentrações de “prevenção” constituem-se como as mais restritivas, uma vez que ainda não foram definidos “valores de referência de qualidade” específicos para solos. Os valores estabelecidos para “investigação” (agrícola APM<sub>ax</sub>, residencial e industrial) são mais elevados do que os valores de “prevenção”.

## **11.2 - Resultados e Discussão**

Os resultados da campanha de monitoramento e sua discussão são apresentados a seguir. Posteriormente é feita a avaliação dos mesmos e uma comparação com os valores previstos pela Resolução CONAMA 420/2009.



**QUADRO 11.3 - Resultados de monitoramento dos solos.**

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA 420/09 Valores de PREVENÇÃO	Valores de INVESTIGAÇÃO			Resultados	
			Agrícola	Residencial	Industrial	08-SL-01	Ad-SL-02
Antimônio Total	µg/kg	2000	5000	10000	25000	91	3,63
Arsênio Total	mg/kg	15	35	55	150	<0,1	<0,1
Bário Total	mg/Kg	150	300	500	750	<0,1	60,6
Cádmio Total	mg/Kg	1,3	3	8	20	<0,1	<0,1
Chumbo Total	mg/Kg	72	180	300	900	<0,1	<0,1
Cobalto Total	mg/Kg	25	35	65	90	<0,1	<0,1
Cobre Total	mg/Kg	60	200	400	600	47,8	24,4
Cromo Total	mg/Kg	75	150	300	400	95,6	<0,2
Mercúrio Total	mg/Kg	0,5	12	36	70	<0,01	<0,01
Molibdênio	ppm	30	50	100	120	<0,07	<0,1
Níquel Total	mg/Kg	30	70	100	130	<0,1	<0,1
Prata Total	mg/Kg	2	25	50	100	<0,1	<0,1
Selênio Total	mg/Kg	5	-	-	-	<0,1	<0,1
Zinco Total	mg/Kg	300	450	1000	2000	25,4	7,5
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	mg/kg	160	-	-	-	<0,023	<0,000006
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	10	-	-	-	<0,023	<0,000006
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	10	-	-	-	<0,023	<0,000006
2,3,4,5-Tetraclorofenol	mg/kg	92	7000	25000	50000	<0,023	<0,005
2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/kg	11	1000	3500	7500	<0,023	< 0,001
2,4,5-Triclorofenol	mg/kg	110	-	-	-	<0,023	<0,001
3,4-Diclorofenol	mg/kg	51	1000	3000	6000	<0,023	<0,005
Cresóis	mg/kg	160	6000	14000	19000	<0,023	<0,001
Dimetilftalato	µg/Kg	250	500	1600	3000	<10	<10
Di-n-butilftalato	µg/kg	700	-	-	-	<10	<10
PCB	µg/kg	0,3	10	30	120	<10	<2
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/kg	10	5000	15000	35000	<1	<1
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/kg	11	7000	20000	40000	<1	<1
1,2-Diclorobenzeno	µg/kg	730	150000	200000	400000	<1	<1
1,2-Dicloroetano	µg/kg	75	150	250	500	<1	<1
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/Kg	500	-	-	-	<1	<1
1,3-Diclorobenzeno	µg/kg	390	-	-	-	<1	<1
1,4-Diclorobenzeno	µg/kg	390	50000	70000	150000	<1	<1
2,4,6-Triclorofenol	µg/Kg	1500	3000	10000	20000	<10	<10
2,4-Diclorofenol	µg/kg	31	1500	4000	6000	<10	<10
2-Clorofenol	µg/kg	55	500	1500	2000	<10	<10
Aldrin	µg/kg	15	3	10	30	<10	<10
Antraceno	µg/kg	39	-	-	-	<5	<5
HCH gama (Lindano)	µg/kg	1	20	70	1500	<10	<10
Benzeno	µg/kg	30	60	80	150	<2	<1
Benzo (a) antraceno	µg/kg	25	9000	20000	65000	<10	<10
Benzo (a) Pireno	µg/kg	52	400	1500	3500	<10	<10
Benzo (g,h,i) perileno	µg/kg	570	-	-	-	<5	<5
Benzo (k) fluoranteno	µg/kg	380	-	-	-	<10	<10
Beta HCH	µg/kg	11	30	100	5000	<10	<10
Cloreto de Metileno	µg/kg	18	4500	9000	15000	<1	<1
Cloreto de Vinila	µg/kg	3	5	3	8	<2	<2
Clorobenzeno	µg/kg	410	40000	45000	120000	<1	<1
Clorofórmio	µg/kg	1750	3500	5000	8500	<1	<1
Criseno	µg/kg	8100	-	-	-	<5	<5
DDD	µg/kg	13	800	3000	7000	<10	<10
DDE	µg/kg	21	300	1000	3000	<10	<10
DDT	µg/kg	10	550	2000	5000	<10	<10
Dibenzo (a,h) antraceno	µg/kg	80	150	600	1300	<5	<5



Continuação

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA 420/09 Valores de PREVENÇÃO	Valores de INVESTIGAÇÃO			Resultados	
			Agrícola	Residencial	Industrial	08-SL-01	Ad-SL-02
Dieldrin	µg/kg	43	200	600	1300	<10	<10
Endrin	µg/kg	1	400	1500	2500	<10	<10
Estireno	µg/kg	200	15000	35000	80000	<2	<1
Etilbenzeno	µg/kg	6200	35000	40000	95000	<2	<1
Fenantreno	µg/kg	3300	15000	40000	95000	<5	<5
Fenóis Totais	mg/Kg	200	5000	10000	15000	<0,05	<0,001
Hexaclorobenzeno	µg/kg	3	5	100	1000	<10	<10
Indeno (1,2,3,cd) pireno	µg/kg	31	2000	25000	130000	<5	<5
Naftaleno	µg/kg	120	30000	60000	90000	<5	<5
Pentaclorofenol	µg/Kg	160	350	1300	3000	<10	<10
Tetracloroeto de Carbono	µg/kg	170	500	700	1300	<1	<1
Tetracloroeteno	µg/kg	54	4000	5000	13000	<1	<1
Tolueno	µg/kg	140	30000	30000	75000	<2	<1
Tricloroeteno	µg/kg	7,8	7000	7000	22000	<1	<1
Xileno	µg/kg	130	25000	30000	70000	<2	<1



Considerando-se os resultados obtidos, podem ser feitas algumas considerações relevantes, as quais são apresentadas a seguir.

Considerando-se os metais analisados, não foram detectados no solo, ou seja, encontraram-se abaixo dos limites quantitativos analíticos do laboratório, os seguintes elementos, em ambos os pontos monitorados: **arsênio total**, **cádmio total**, **chumbo total**, **cobalto total**, **mercúrio total**, **molibdênio total**, **níquel total**, **prata total** e **selênio total**. Todos os resultados obtidos para esses metais, conseqüentemente, atendem aos valores de “prevenção” da qualidade do solo.

O **bário total**, por sua vez, foi detectado apenas em proximidade à adutora (Ad-SL-02), com uma concentração de 60,6 mg/kg, considerada reduzida, sendo inferior ao valor de “prevenção” de 150 mg/kg.

Já o **cromo total** foi detectado apenas no ponto situado na futura área industrial (08-SL-01), onde foi obtida uma concentração de 95,6 mg/kg, a qual está acima do valor de prevenção estabelecido (75 mg/kg), porém abaixo dos demais valores de investigação. Observa-se que alguns pontos de monitoramento de águas subterrâneas apresentaram teores de cromo total, o que não ocorreu nas águas superficiais (ausência desse metal).

Considerando-se os demais metais analisados, foi encontrada, em ambos os pontos, a presença de antimônio total, cobre total e zinco total acima do limite de detecção analítico.

Destes, o **zinco total** apresentou resultados reduzidos, de 25,4 e 7,5 mg/kg, ambos bastante inferiores ao valor de “prevenção” de 300 mg/kg. O **antimônio total** apresentou concentrações também reduzidas, de 91 e 3,63 µg/kg, também bastante inferiores aos valores de referência para prevenção (2.000 µg/kg) e investigação do solo. O **cobre total**, à semelhança dos parâmetros anteriormente mencionados, apresentou concentrações reduzidas, de 47,8 e 24,4 mg/kg, estando também em “conformidade” com os valores de referência para prevenção (60 mg/kg) e investigação.

Considerando-se os **compostos orgânicos** analisados, todos os resultados, em ambos os pontos, se apresentaram inferiores aos respectivos limites de quantificação analítica empregados pelo laboratório, indicando a ausência de contaminantes orgânicos no solo.

De acordo com os resultados obtidos, percebe-se a presença reduzida dos metais analisados. Apenas o cromo total se apresentou um pouco mais elevado, porém apenas no ponto 08-SL-01 e em uma concentração inferior aos valores de investigação previstos.

Deve ser observado que não foram analisados parâmetros já oriundos das condições naturais da geoquímica da região - alumínio, ferro, manganês, pelo fato de sua presença já ser esperada nos solos locais, como resultado da geologia subjacente. Para esses parâmetros também não são estabelecidos limites legais de prevenção ou investigação.

## 12 - RECURSOS HÍDRICOS

### *Introdução*

Neste item é apresentada a caracterização dos recursos hídricos das áreas de estudo do complexo minerário e da adutora do Projeto Vale do Rio Pardo.

Diante da dimensão espacial do empreendimento é importante frisar que a abordagem ocorreu sob duas perspectivas. A primeira considerou a inserção das estruturas do projeto no contexto regional das bacias hidrográficas e seus principais atributos. A segunda considerou a abordagem local, para a qual foram realizadas descrições pontuais e campanhas específicas para a identificação de nascentes, travessias e usos, bem como para a análise e classificação da qualidade dos corpos d'água perenes, previamente selecionados em função de sua localização em relação às estruturas do empreendimento, tendo sido alocados pontos à montante e a jusante das mesmas.

Informações complementares ao presente relatório encontram-se inseridas no Relatório de Nascentes, Travessias e Usos - Anexo nº 04 do Módulo 14. Neste encontram-se detalhadas as informações obtidas no mapeamento de nascentes e medição de vazão das mesmas e dos principais cursos de água efetuado para a área de estudo do complexo minerário, além do mapeamento de nascentes, travessias e usos realizado para a área de estudo da adutora.

### 12.1 - Hidrologia

A caracterização da rede hidrográfica da área de estudo regional do complexo minerário e da adutora foi realizada com base na divisão em regiões e bacias hidrográficas estabelecidas pela Agência Nacional de Águas (ANA) e com base em dados cartográficos produzidos pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para tanto, utilizou-se as premissas da Lei nº 9.433/97 que estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e para atuação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Com objetivo de hierarquizar a divisão das bacias da área de estudo utilizou-se a definição de regiões hidrográficas e sub-bacias, conforme a Divisão Hidrográfica Nacional instituída por meio da resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, que considerou as diversidades sociais, econômicas e ambientais das diferentes regiões do país ([www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)).

Desse modo, conforme a Resolução nº 32 do CNRH, as estruturas do complexo minerário e da adutora, em toda a sua totalidade, encontram-se inseridas na Região Hidrográfica do Atlântico Leste. De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), a área está inserida dentro da UPGRH (Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos) da bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha, classificada como uma bacia federal. Mais especificamente, a área de estudo está localizada na Bacia do Alto Jequitinhonha.

De modo a representar cartograficamente, em escala compatível, as áreas das sub-bacias abrangidas pelo empreendimento, utilizou-se a divisão disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA), que atinge o nível de detalhamento 4, conforme divisão em otobacias. Considerando esse grau de detalhamento, as áreas do complexo minerário e da adutora abrangem três principais sub-bacias, que representam afluentes da margem esquerda do rio Jequitinhonha, a saber: bacia do rio Vacaria, bacia do rio Itacambiruçu e a bacia dos pequenos afluentes do médio Jequitinhonha, a qual abrange o rio Piabanha e o ribeirão Santana (Figura 12.1).

Tendo em vista que a bacia do rio Itacambiruçu se estende para além da área de interesse regional, neste estudo foi considerada apenas a baixa porção dessa bacia, conforme a figura 12.1.

De forma geral, a área do empreendimento apresenta o tipo climático Tropical Quente Semi-úmido com 4 a 5 meses secos, conforme classificação do IBGE. De acordo com os dados das Normais Climatológicas de Salinas (1961-1990), obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o total pluviométrico ao longo do ano para a região do empreendimento é de 903,6 mm, que por sua vez é marcado por uma grande variação interanual (um período seco e chuvoso), com uma média mensal de 75,3 mm. Os meses mais chuvosos estendem-se de novembro a março. Os meses de abril e setembro são meses que caracterizam a estação seca na região. Contudo, tanto a estação seca quanto a chuvosa podem sofrer variações intra e interanuais decorrentes da dinâmica atmosférica e da ação de vários elementos que com ela interagem e alteram-na.

Em termos geomorfológicos, a área está inserida, quase que integralmente, no Planalto Jequitinhonha/Rio Pardo, no qual se observa um relevo com vertentes ravinadas e vales encaixados, cristas, colinas e platôs (CETEC 1982). Nessas áreas predominam feições de relevo fortemente ondulado, entremeado pelas superfícies suavemente onduladas das chapadas. Drenantes da porção leste da Serra do Espinhaço, as sub-bacias em análise refletem a influência da mesma no desenvolvimento dos vales locais, estando representada naquele trecho pela Serra Geral ou da Bocaina. Dessa forma, os vales possuem forte influência do contexto geológico regional, que condiciona a evolução dos mesmos, fato que fica evidente em toda a área de estudo do complexo minerário e da adutora, onde as drenagens se desenvolvem, preferencialmente, seguindo linhas de fraturas.

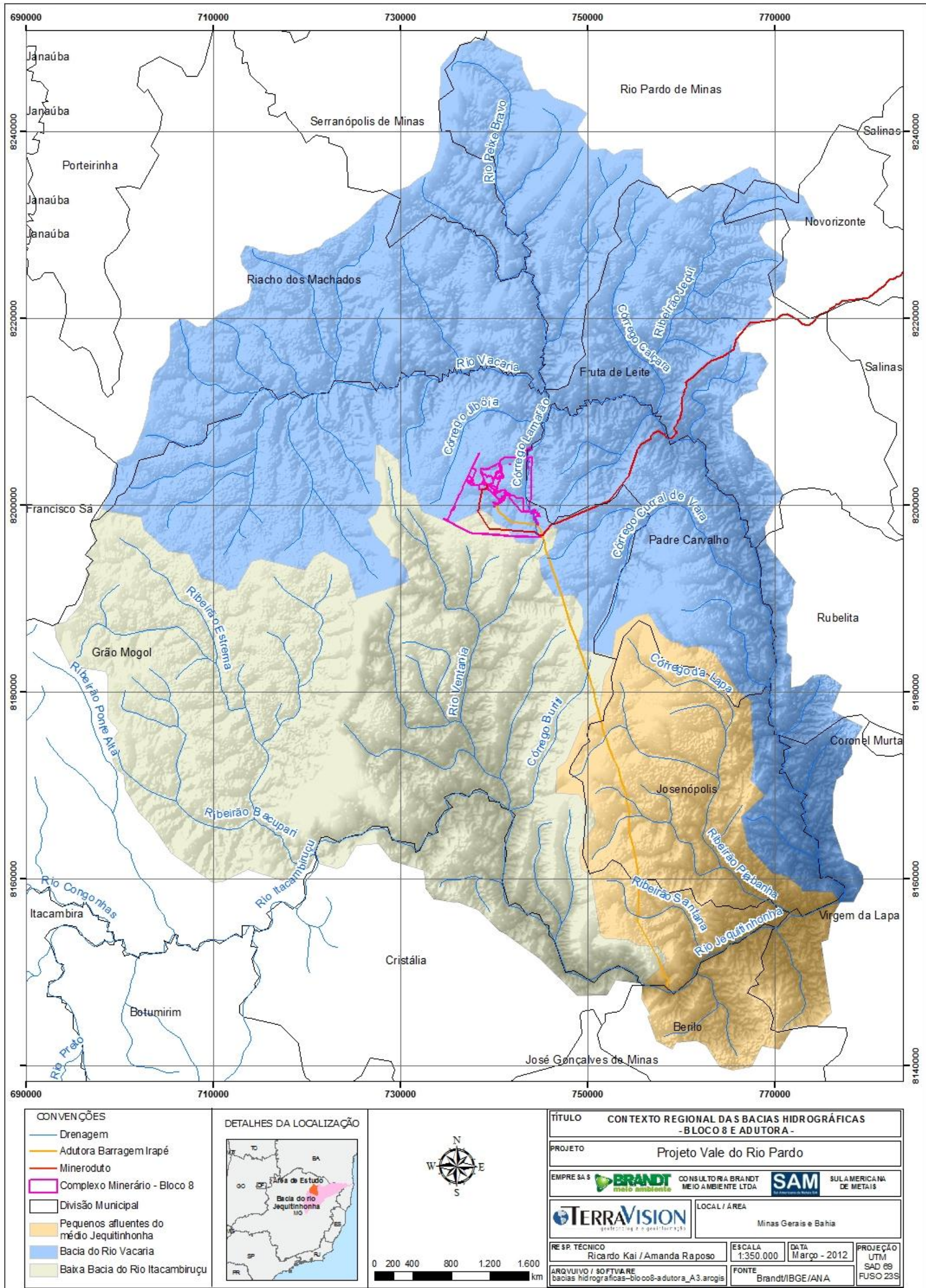
De forma geral, mesmo sob a influência marcante do controle estrutural, a elevada densidade da drenagem (fina) imprimiu um padrão quase dendrítico nas áreas com substrato xistoso e quartzítico do Alto Jequitinhonha (FERREIRA 2007). O padrão de drenagem apresenta uma sutil tendência a seguir a direção de traços estruturais de direção NW-SE a N-S, observados por fotointerpretação (JUSTINO *et al.* 2005).

Ao se considerar a inserção regional das sub-bacias verifica-se que essas abrangem parte dos seguintes municípios: Grão Mogol, Cristália, Riacho dos Machados, Serranópolis de Minas, Rio Pardo de Minas, Fruta do Leite, Rubelita, Virgem da Lapa e Berilo, além de abarcar totalmente os municípios de Josenópolis e Padre Carvalho.

As sub-bacias supracitadas e seus respectivos afluentes estão descritos nos tópicos a seguir.



**FIGURA 12.1 - Divisão das sub-bacias hidrográficas**





## 12.1.1 - Hidrologia regional

### 12.1.1.1- Sub-bacia do rio Vacaria

Localizada no Alto Jequitinhonha, a sub-bacia do rio Vacaria insere-se em duas grandes compartimentações geomorfológicas: o Planalto do Rio Jequitinhonha/Rio Pardo e a Serra do Espinhaço. As formas de relevo predominantes na sub-bacia são as chapadas cobertas por Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos-Amarelos, seccionadas por vales bastante dissecados e encaixados, onde ocorrem os Cambissolos Háplicos com características álicas e/ou distróficas.

A geomorfologia da sub-bacia é bastante heterogênea, ocorrendo desde relevos aplanados, que correspondem aos topos nas chapadas, passando por pequenas manchas de relevo suavemente ondulado a ondulado, até atingir o domínio do Espinhaço, no qual se observa um relevo fortemente ondulado.

A sub-bacia do rio Vacaria abrange parte dos municípios de Grão Mogol, Riacho dos Machados, Serranópolis de Minas, Rio Pardo de Minas, Fruta do Leite, Josenópolis, Virgem da Lapa, Rubelita e Novo Horizonte. O município de Padre Carvalho, por sua vez, está totalmente inserido nos limites da sub-bacia.

A rede de drenagem da sub-bacia, de forma geral, apresenta um padrão dendrítico sobre os metamorfitos. O padrão revela duas direções predominantes da drenagem, uma na direção NE-SW e outra NW-SE (CPRM 2005a).

Quanto ao uso antrópico, a silvicultura ou agrofloresta expandiu das áreas de chapadas para as zonas de relevos mais planos dos vales, ocupando praticamente a totalidade das terras da sub-bacia. Dessa maneira, a vegetação nativa, na maior parte do território da unidade, foi substituída pelas florestas plantadas ou simplesmente foi retirada pela população local para produção de carvão, cultivo de alimentos e para pastagens. Em relação à mineração de pequeno porte, restam apenas alguns insistentes faiscadores de diamante em Grão Mogol, no contexto da Serra do Espinhaço, enquanto grandes mineradores encontram-se em fase de projeto (FERREIRA 2007).

Os principais afluentes do rio Vacaria são: o córrego Curral da Vara e o córrego Lamarão, na margem direita, e o rio Peixe Bravo e o ribeirão Jequi, na margem esquerda.

O córrego Curral da Vara, localizado na baixa sub-bacia do rio Vacaria, possui sua nascente principal situada a 900 m de altitude, correndo em direção NE até as proximidades da BR-251, quando sofre uma abrupta inflexão para sudeste, mostrando nítido condicionamento estrutural. Suas nascentes principais se localizam a aproximadamente 1,5 Km da adutora. A rede de drenagem local apresenta um padrão dendrítico que segue o padrão da drenagem principal do rio Vacaria. Nessa região os cursos d'água apresentam-se condicionados por lineamentos de direção NW-SE (CPRM 2005d). Na baixa sub-bacia a rede de drenagem está inserida em um contexto geológico de rochas metamórficas, principalmente metadiamicititos e quartzitos e observa-se um encaixamento mais proeminente da rede de drenagem.

A sub-bacia do córrego Lamarão corresponde àquela que será diretamente influenciada pelas estruturas do complexo minerário. Seu principal afluente é o córrego Jibóia, contribuinte de sua margem esquerda. Na caracterização hidrográfica local é apresentada a descrição detalhada da sub-bacia do córrego Lamarão.

O vale do rio Peixe Bravo encontra-se localizado no contexto de rochas metamórficas. Observa-se um encaixamento considerável do vale, com presença de escarpas em suas bordas superiores. Conforme Carmo *et al.* (2011), o vale apresenta desfiladeiros (cânions) e , paredões com aspecto ruiforme, contexto no qual a ocorrência de cavernas é frequente.

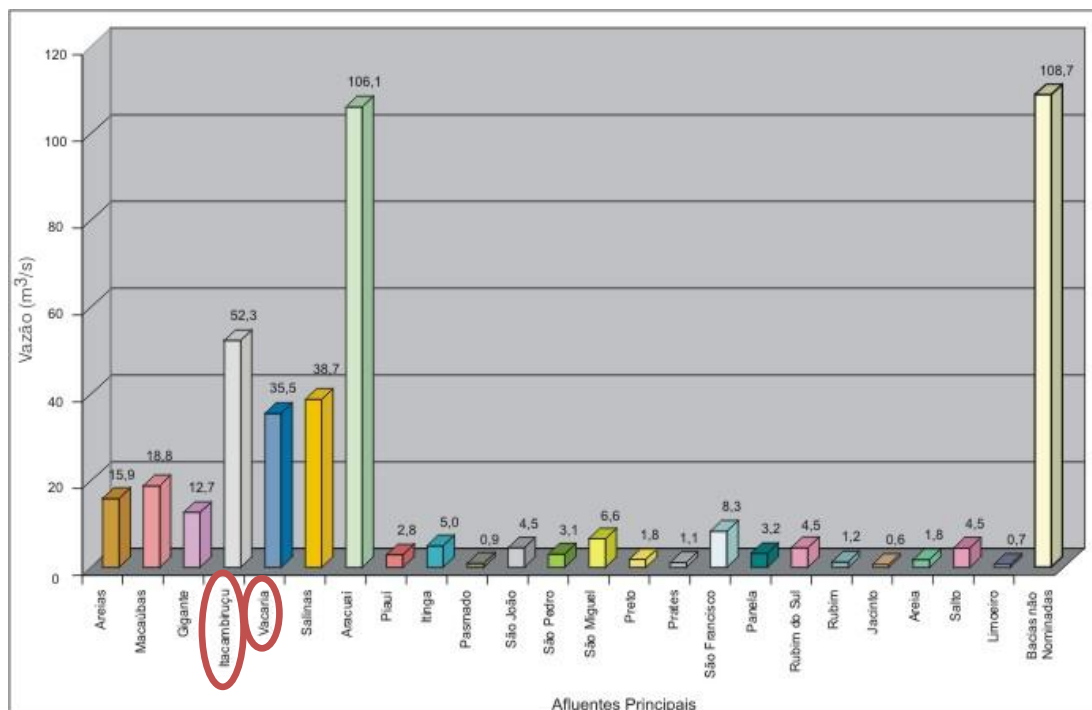
A paisagem desse vale ainda não sofreu grandes intervenções humanas, ocorrendo extensas áreas com vegetação em bom estado de conservação. Essa condição provavelmente está relacionada ao relevo bastante acidentado e ao tipo de uso e ocupação do espaço, restrito à agricultura familiar em pequenas propriedades rurais (CARMO *et al.* 2011).

O ribeirão Jequi, de forma geral, apresenta padrão dendrítico. Seu principal afluente corresponde ao córrego Caiçara. Os vales apresentam características próximas ao do rio Peixe Bravo, com drenagens encaixadas em um contexto de rochas metamórficas. Na região as evidências do controle estrutural sobre a rede de drenagem também é marcante, verificando-se várias escarpas nas bordas dos vales que apresentam trechos retilíneos pontuais.

O comportamento hidrológico da sub-bacia foi apresentado por FERREIRA (2007) com base em pontos de monitoramento no posto Ponte Vacaria. A área de drenagem do rio Vacaria corresponde a 2.556 Km<sup>2</sup>, onde incide uma precipitação de 1048 mm/ano. A vazão média ao longo do tempo (MLT) é de 11,5 m<sup>3</sup>/s, a descarga específica de superfície corresponde a 4,5 l/s/km<sup>2</sup>, o deflúvio superficial corresponde a 142,0 mm/ano e o rendimento (deflúvio superficial / precipitação sobre área de drenagem) atinge 13,6%.

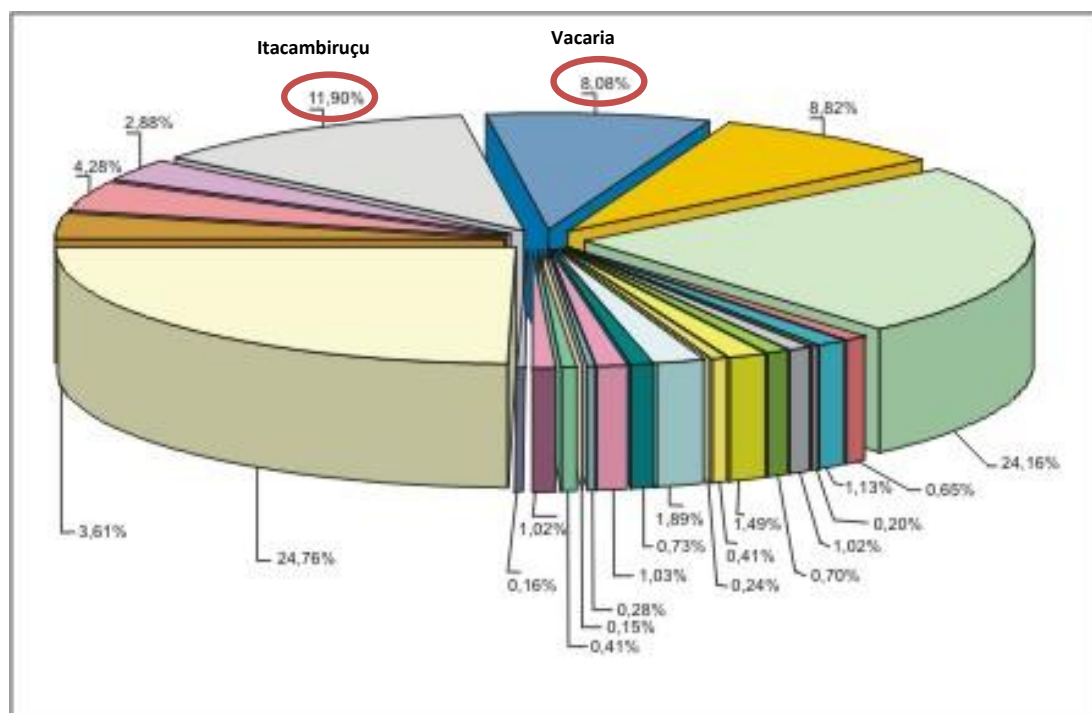
O rio Vacaria é o principal curso d'água das áreas de estudo do empreendimento e também um dos principais afluentes do rio Jequitinhonha. Conforme os dados do Atlas Digital das Águas (EUCLYDES *et al.* 2005), o rio Vacaria contribui com 35,5 m<sup>3</sup>/s da vazão total média da bacia do rio Jequitinhonha, sendo o 4<sup>o</sup> afluente mais importante neste quesito. A vazão média de longo período estimada na foz do Jequitinhonha é de 439 m<sup>3</sup>/s e o rio Vacaria corresponderia com 8,08% da vazão (Figuras 12.2 e 12.3).

**FIGURA 12.2 - Contribuição nominal dos afluentes principais da bacia do rio Jequitinhonha**



Fonte: Euclides *et al.* (2005)

**FIGURA 12.3 - Contribuição percentual dos afluentes principais**



Fonte: Euclides *et al.* (2005)

O comportamento da vazão e da pluviosidade para a sub-bacia do rio Vacaria foram extraídos dos dados da estação fluviométrica Ponte Vacaria, localizada nas coordenadas 16°11'36"S / 42°35'06"W. O período disponível dos dados compreende setembro de 1975 a janeiro de 2010. Entretanto, conforme exposto em relatório de hidrologia preparado pela consultoria GOLDER (2011), a análise do fluviograma da estação em questão apresentou significativas variações nas vazões mínimas observadas nos períodos anteriores e posteriores a janeiro de 1993. Tal ocorrência pode ser justificada pelo fato da estação, antes operada pela Rede Hidrometeorológica Nacional (ANA), ter passado a ser operada, a partir de janeiro de 1995, pela Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM). Pode-se inferir que significativas alterações ocorreram nos ramos inferiores das curvas chaves da estação Ponte Vacaria a partir do momento da alteração da instituição responsável pela consistência do dado bruto (GOLDER 2011). Tendo em vista tais informações, para análise da vazão e da pluviosidade da sub-bacia do rio Vacaria foi utilizada a série somente para o período posterior a janeiro de 1994.

Desta forma, de acordo com os dados da GOLDER (2011) par a estação Ponte Vacaria, a vazão média de longo termo ( $Q_{MLT}$ )<sup>1</sup> corresponde a 6,51 m<sup>3</sup>/s. Por sua vez, a vazão mínima média de 7 dias e 10 anos de recorrência ( $Q_{7,10}$ )<sup>2</sup> corresponde a 0,11 m<sup>3</sup>/s.

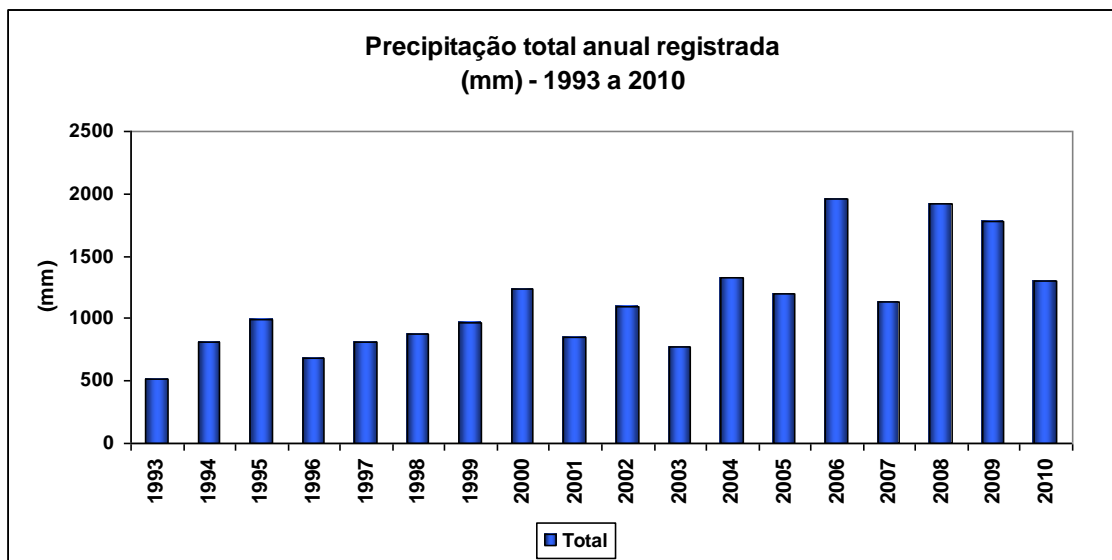
Com relação ao comportamento da pluviosidade observa-se uma clara tendência de aumento desses índices na área da sub-bacia (Figura 12.4).

---

<sup>1</sup> A vazão média de longo termo ( $Q_{MLT}$ ) corresponde à média aritmética das vazões naturais da série histórica de observações na seção fluvial considerada e considera a variação sazonal de vazões na bacia hidrográfica em análise, ou seja, inclui períodos chuvosos (vazões máximas) e secos (vazões mínimas). A  $Q_{MLT}$  representa a máxima vazão que pode ser regularizada em uma bacia e é frequentemente denotada como disponibilidade hídrica máxima ou potencial (GOLDER 2011).

<sup>2</sup> A vazão mínima média de sete dias e 10 anos de recorrência ( $Q_{7,10}$ ) é utilizada como vazão de referência característica do comportamento de uma bacia em condições de escoamento mínimo no Estado de Minas Gerais, estado em que é utilizada como valor referencial para análise de processos de outorga do direito de uso dos recursos hídricos (GOLDER 2011).

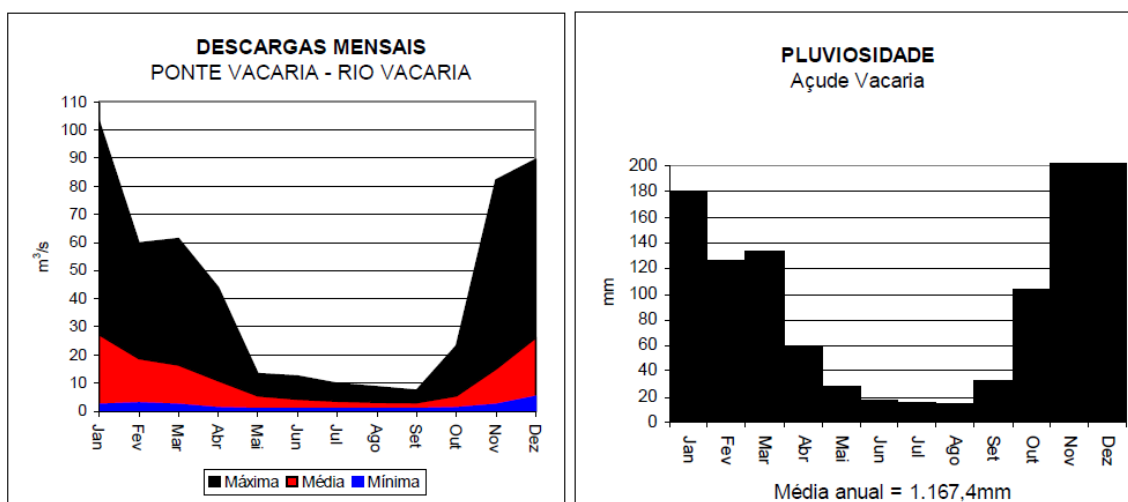
**FIGURA 12.4 - Comportamento da Pluviosidade na estação Ponte Vacaria**



Fonte: Sistema de Informações Hidrológicas - Hidroweb/ANA

O comportamento do regime anual de vazões, juntamente com o regime de chuvas anuais de postos pluviométricos da sub-bacia do Vacaria, está representado na Figura 12.5. Percebe-se uma grande correspondência das duas variáveis, com baixos valores de descarga mensal e pluviosidade nos meses de maio a agosto e maiores valores nos meses de novembro a fevereiro.

**FIGURA 12.5 - Regime anual de vazões e de chuvas na seção fluviométrica na sub-bacia do rio Vacaria**



Fonte: FERREIRA (2007)

### 12.1.1.2 - Sub-bacia do rio Itacambiruçu

A sub-bacia do rio Itacambiruçu localiza-se no Alto Jequitinhonha, sendo afluente da margem esquerda do Rio Jequitinhonha. Sua nascente se situa no município de Itacambira e sua foz no rio Jequitinhonha, no município de Grão Mogol. As cabeceiras da bacia do rio Itacambiruçu ocorrem na encosta do alinhamento de cristas quartzíticas da Serra do Espinhaço, em seu setor setentrional. A baixa bacia do rio Itacambiruçu, área considerada no estudo regional, abarca parte dos municípios de Grão Mogol e Cristália.

Na região há ocorrência de quartzitos dobrados intercalados por rochas do Grupo Macaúbas, estas parcialmente recobertas por sedimentos detríticos.

As áreas quartzíticas correspondem à Serra do Espinhaço, localmente denominada de Serra da Bocaina, que ocorrem em duas linhas de cristas principais de direção N-S. Nessa área verifica-se um relevo com escarpas altas, entalhamento profundo e rede de drenagem densa.

Já nas rochas do Grupo Macaúbas observa-se um relevo com cristas e colinas mais alongadas. É principalmente na região norte e oeste dessa unidade, na qual predominam as amplas chapadas do Planalto do Jequitinhonha, que ocorrem as coberturas detríticas.

Ainda em relação ao contexto geológico-geomorfológico da sub-bacia verifica-se que no centro do bloco quartzítico há um núcleo exposto de rochas do embasamento arqueano, composto de rochas gnáissicas que aparecem em uma depressão interplanáltica situada na parte central da área, entre as cristas quartzíticas. Essa depressão gnáissica é o resultado da escavação fluvial de uma janela estrutural, nela observa-se um relevo de colinas com formas arredondadas, tipo meia laranja, de vertentes suaves, em geral côncavas, com entalhamento e dissecação pouco profundos, mas de densa rede fluvial.

O modelado de cristas quartzíticas manifesta-se em grandes blocos isolados que se destacam na paisagem e fornecem material para as áreas adjacentes. Dessa forma, o rio Itacambiruçu, ao nascer na encosta de um desses alinhamentos, recebe grande quantidade de areias brancas e finas, criando uma situação típica de fluxo hidrológico não mensurável, por situar-se abaixo do leito do canal (FERREIRA 2007).

A sub-bacia hidrográfica do Itacambiruçu possui o domínio de vegetação do cerrado, a qual se encontra potencialmente degradada, principalmente pelas atividades agrícolas e pecuárias e, em diversos trechos, por expressivas áreas de reflorestamento de eucaliptos e pinus. Há áreas ao longo da sub-bacia onde se observam mesclas entre a vegetação do cerrado e remanescentes de mata de galeria.

A drenagem mostra um padrão dendrítico com predominância das direções NW-SE e E-W. O rio Itacambiruçu apresenta direção predominante E-W nas nascentes de seu médio curso, sofrendo inflexão para SE no baixo curso (CPRM 2005b).



Na margem esquerda do baixo curso do rio Itacambiruçu ressalta-se três afluentes importantes, a saber: ribeirão Extrema e rio Ventania, cujas sub-bacias são delimitadas pela Serra da Bocaina, e o córrego Buriti. Os rios Extrema e Ventania são grosseiramente paralelos entre si e possuem direção SE (CPRM 2005b).

A sub-bacia do ribeirão Extrema se localiza a oeste da Serra da Bocaina e os canais fluviais correm sobre um relevo relativamente plano, sobre o qual se observa o uso intenso do solo para a prática da silvicultura. A rede de drenagem apresenta um padrão próximo ao meandrante e, de forma geral, não se observa encaixamento significativo, se comparado com os vales do rio Ventania. Vale ressaltar que da barragem do rio Extrema até a confluência com o rio Itacambiruçu, a presença de mata ciliar é pouco expressiva.

O rio Ventania, por sua vez, está localizado a leste da Serra da Bocaina e sofre grande influência de seu contexto geológico. O canal fluvial do rio Ventania apresenta padrão meandrante. Os vales apresentam-se mais encaixados e com ramificações da rede de drenagem, principalmente nas áreas cujo substrato geológico corresponde aos metadiamicititos. Em termos de hierarquia da rede de drenagem observa-se que essa sub-bacia apresenta um número considerável de canais de primeira e segunda ordem. Tal fato leva a área a apresentar maior densidade hidrográfica se comparada com a sub-bacia do ribeirão Extrema. O padrão mais expressivo na área é o dendrítico, sendo que os canais de primeira e segunda ordem apresentam padrão próximo ao paralelo.

O córrego Buriti apresenta padrão próximo ao retilíneo. Grandes partes dos canais são de primeira ordem e a bacia possui pequena extensão em termos de comprimento. Vale destacar que as cabeceiras desse canal serão interceptadas com a instalação da adutora, sendo melhor detalhado no tópico hidrologia local.

Próximo à confluência com o rio Jequitinhonha, o rio Itacambiruçu corre sobre leito rochoso e apresenta-se mais encaixado. Também nessa porção da sub-bacia a drenagem sofre grande influência do contexto geológico. No local observa-se o predomínio de rochas metamórficas, principalmente metadiamicititos e quartzitos. Vale ressaltar que na confluência do rio Itacambiruçu com o rio Jequitinhonha, no município de Grão Mogol, localiza-se o Lago de Irapé, represamento utilizado para geração de energia elétrica.

As coberturas detrito-lateríticas se estendem sobre as rochas do Supergrupo Espinhaço representadas principalmente por gnaisses e granitos e predominam sobre as rochas do Grupo Macaúbas. Sobre estas, a cobertura detrito-laterítica exibe um relevo bastante aplainado, criando um ambiente propício para a silvicultura, principalmente eucaliptos e pinus. A agrofloresta, além de ocupar áreas das chapadas, expandiu também para as zonas de relevos mais planos dos vales. Assim como pode ser observado nas outras sub-bacias em análise, a vegetação nativa, na maior parte do território da unidade, foi substituída pelas florestas plantadas ou simplesmente foi retirada pela população local para produção de carvão, cultivo de alimentos e para pastagens (FERREIRA 2007).

Com relação às características hidrológicas, o rio Itacambiruçu apresenta vazão média de longo termo em torno de 39,8 m<sup>3</sup>/s, no posto de monitoramento de Grão Mogol. A área de drenagem do rio é de 4.150 Km<sup>2</sup> e a precipitação média sobre esta área é de 1.016,0 mm/ano. A descarga específica de superfície é de 9,6 l/s/Km<sup>2</sup>, o deflúvio superficial é de 302,5 mm/ano e o rendimento, ou seja, a razão entre o deflúvio superficial e a precipitação sobre a área de drenagem é de 29,8% (EUCLYDES *et al.* 2005).

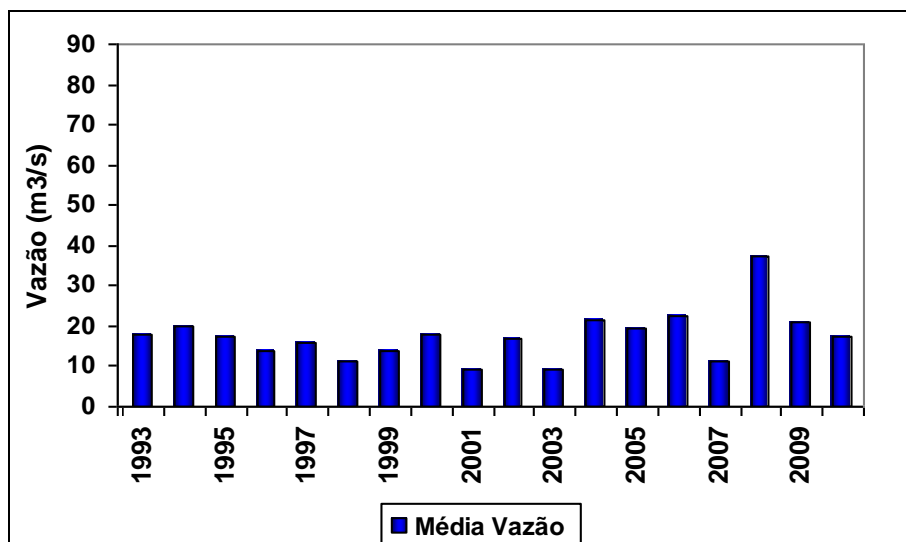
Salienta-se ainda que o rio Itacambiruçu contribui em 35,5 m<sup>3</sup>/s da vazão total média da bacia do rio Jequitinhonha, sendo o 3º afluente mais importante nesse quesito (Figuras 12.2 e 12.3). A vazão média de longo período estimada na foz do Jequitinhonha é de 439 m<sup>3</sup>/s e o rio Itacambiruçu corresponde a aproximadamente 11,90% da vazão daquele (EUCLYDES *et al.* 2005). Com relação à vazão mínima média de sete dias e 10 anos de recorrência (Q<sub>7,10</sub>), BRANDT (2008) apresentou o valor de 9.600 m<sup>3</sup>/h para a bacia em questão.

O comportamento da vazão da bacia do rio Itacambiruçu foi extraído da estação fluviométrica Fazenda Lambeiro, localizada nas coordenadas 16°58'S / 42°92'W. Os dados pluviométricos, por sua vez, foram extraídos da estação Grão Mogol, localizada na mesma coordenada da estação fluviométrica.

Vale ressaltar que os dados dessas estações sofreram modificações em suas operações a partir de 1995, haja vista que anteriormente a este período as estações eram monitoradas pela ANA e, posteriormente, passaram a ser monitoradas pela CPRM. Entretanto, conforme exposto no relatório da GOLDER (2011), a análise do fluviograma da estação Ponte Vacaria apresentou significativas variações nas vazões mínimas observadas nos períodos anteriores e posteriores a janeiro de 1993. Tendo em vista as variações apresentadas nos dados, decorrente de tal modificação de operação, o presente trabalho considerou somente os dados do período posterior a 1993.

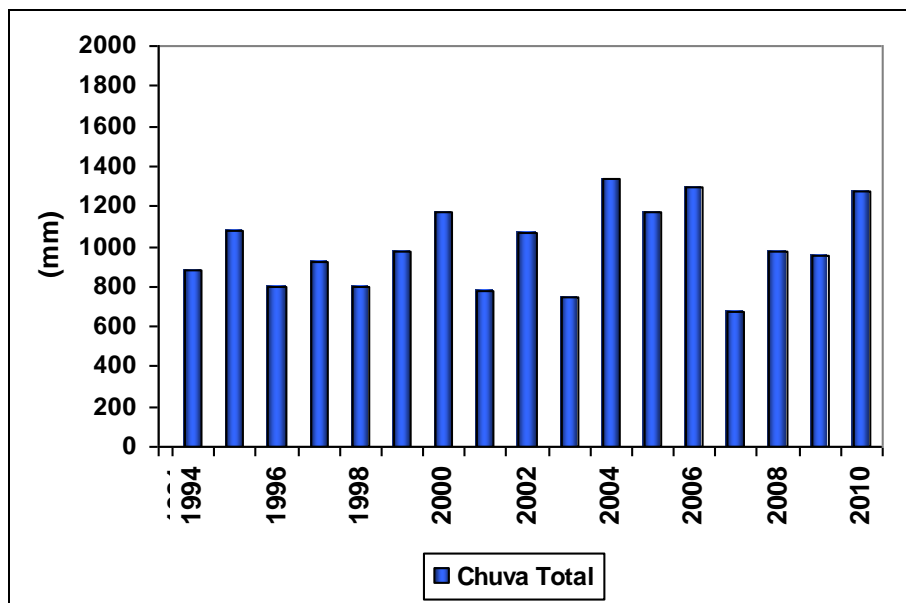
As figuras 12.6 e 12.7 apresentam os dados anuais do comportamento da vazão e da precipitação, respectivamente, para a sub-bacia em questão. Os dados apontam para uma correspondência entre si, o que indica que os valores de vazão são, em grande parte, influenciados pelos fatores pluviométricos.

**FIGURA 12.6 - Vazão média Anual registrada (m<sup>3</sup>/s) na estação fluviométrica Fazenda Jambeiro - 1993 a 2010**



Fonte: Sistema de Informações Hidrológicas - Hidroweb/ANA

**FIGURA 12.7 - Precipitação total anual registrada (mm) na estação pluviométrica Grão Mogol - 1994 a 2010**



Fonte: Sistema de Informações Hidrológicas - Hidroweb/ANA

### **12.1.1.3 - Pequenos afluentes do médio Jequitinhonha**

De acordo com a 6ª classificação da Agência Nacional de Águas - ANA, a área correspondente aos pequenos afluentes do médio Jequitinhonha compreende as sub-bacias do ribeirão Piabanha e do ribeirão Santana e parte do trecho do rio Jequitinhonha.

As sub-bacias delimitadas compreendem parte dos municípios de Josenópolis, Berilo, Virgem da Lapa e Grão Mogol.

Grande parte da área em questão está inserida no contexto de rochas metamórficas, principalmente quartzitos e metadiamicitos. Por tal motivo, os vales da região apresentam encaixamento considerável. Os canais apresentam padrão dendrítico predominante (CPRM 2005c).

Os dados hidrológicos da área em questão foram obtidos no Atlas Digital das Águas de Minas, elaborada pela UFV, em dois pontos de monitoramento: Porto Mandacaru, no rio Jequitinhonha, após a confluência do rio Itacambiruçu, e Barra do Salinas, também no rio Jequitinhonha, localizado após a confluência com o rio Vacaria. Os valores das vazões médias diárias anuais para o primeiro ponto foram de 151,04 m<sup>3</sup>/s. O segundo ponto apresentou o valor de 191,91 m<sup>3</sup>/s. A relação entre a vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos apresentou os valores de 11,97 m<sup>3</sup>/s e 11,55 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

Vale ressaltar que as cabeceiras do ribeirão Santana e de um afluente em sua margem direita deverão ser interceptados pelo traçado da adutora. A descrição desses vales é detalhada na caracterização da hidrologia local, apresentada mais adiante neste relatório.

### **12.1.2 - Hidrologia local**

A caracterização da hidrologia local foi realizada por meio do levantamento de dados primários, com a investigação sistemática da área do complexo minerário e da adutora.

A descrição da hidrografia local do complexo minerário foi realizada com base na divisão das microbacias de drenagem, relacionando-a a cada uma das estruturas minerárias que se pretende instalar em seus limites. Para a área de estudo da adutora utilizou-se critério semelhante, contudo, devido ao tipo da estrutura - empreendimento linear - caracterizou-se as regiões interceptadas das microbacias presentes em sua rota.

Importante ressaltar que para a elaboração deste diagnóstico foram realizados, paralelamente, levantamentos em dois níveis de detalhe, conforme já mencionado. Por meio do primeiro buscou-se realizar a caracterização dos aspectos hidrológicos no âmbito das sub e microbacias, identificando e retratando seus principais atributos. A segunda foi mais específica ainda, envolvendo o cadastramento das nascentes, com medição sazonal de vazão na área do complexo minerário, além do mapeamento de nascentes, travessias e usos a jusante dessas, ao longo de todo o traçado da adutora, o que é apresentado no Relatório de Nascentes, Travessias e Usos - Anexo nº 04 do Módulo 14.

Nos tópicos a seguir são apresentadas as características da hidrologia nas áreas de estudo do complexo minerário e da adutora.

#### **12.1.2.1 - Complexo Minerário**

A área pretendida para a implantação do complexo minerário do Projeto Vale do Rio Pardo insere-se, conforme já mencionado, na sub-bacia do córrego Lamarão, que integra a sub-bacia do rio Vacaria, este afluente da margem esquerda do rio Jequitinhonha.

Importante salientar que a área de estudo abrangeu toda a porção superior da sub-bacia do córrego Lamarão, a montante de sua confluência com o córrego Jibóia, excetuando-se a microbacia do córrego D'água, situada em vertente oposta e a jusante do empreendimento.

Desse modo, o estudo abrangeu os limites das microbacias do córrego Capão da Onça, do córrego Capão do Meio, do córrego Mundo Novo, do córrego da Batalha, do córrego do Vale, córrego da Nem e do córrego da Jibóia, bem como outras microbacias de menores dimensões sem denominação formal (Anexo 19 - Mapa Hidrográfico Local - Complexo Minerário).

De modo geral, as drenagens locais apresentam-se encaixadas, conformando vertentes pronunciadas e segmentadas ao longo de suas seções transversais. Como mencionado anteriormente no item referente à geomorfologia, a compartimentação local das formas de relevo deixa evidente a divisão das vertentes em trechos com topos aplanados, linhas de escarpas e colinas. Nesse sentido observa-se que no trecho superior dos vales as vertentes possuem caimento bem suave, correspondendo aos topos dos platôs. À medida que as vertentes avançam em direção ao fundo dos vales verifica-se uma mudança, por vezes brusca, pontualmente representada por escarpas, seguidas por uma sucessão de colinas.

Quanto ao padrão geral de drenagem observou-se que os canais apresentam tipologia retilínea-paralela, fortemente condicionada pelo controle geológico-estrutural identificado na área de estudo. Em alguns pontos, sobretudo próximo às cabeceiras, verificou-se a ocorrência do padrão de drenagem dendrítico, caracterizado por apresentar ramificações em diversas direções. Este se faz presente em alguns pontos em função da existência de uma cobertura mais espessa de material elúvio-coluvionar que recobre os terrenos mais suaves dos divisores de água das drenagens locais e os segmentos superiores das vertentes, onde os caminhos seguidos pela água seguem rotas mais suaves até os leitos principais. Esse é o caso das cabeceiras do córrego Mundo Novo, do córrego Capão do Meio, do córrego Capão da Onça e do córrego Jibóia. Entretanto, o condicionamento estrutural das drenagens também se faz presente nesses trechos, conforme pode ser observado em campo e verificado no mapa geológico local, sendo apenas menos evidente nas imagens de satélite e nos mapas topográficos do IBGE.

De toda forma, o padrão retilíneo-paralelo predomina na área de estudo do complexo minerário, onde os segmentos mais expressivos dos canais da rede de drenagem seguem retilíneos, conformando por vezes vértices aguçados, pontos nos quais os canais se infletem rumo a outras direções, como no caso do córrego Lamarão quando este deixa a direção geral, sudoeste-nordeste, e passa para o sentido sul-norte.

Em relação ao controle estrutural da rede de drenagem é interessante mencionar alguns trechos marcantes, como o segmento do vale do córrego Lamarão, nos limites pretendidos para a futura cava, no qual a evidência do controle estrutural é bem visível, tanto pelas evidências em campo, como pela interpretação das imagens de satélite e do mapa da rede hidrográfica local. Tal fato também se repete no trecho do médio/baixo curso do córrego Mundo Novo, limite norte projetado para a futura cava, onde a drenagem segue uma fratura bem delimitada, de sentido geral oeste-leste, que propiciou a formação de um pequeno cânion.

Ainda em relação à contextualização da rede hidrográfica da área de estudo é interessante se destacar que as drenagens na região do futuro complexo minerário configuram canais de 1ª, 2ª e 3ª ordem, ou seja, são cursos d'água que nascem na área de estudo e confluem todos para o ponto mais a jusante do córrego Lamarão, no extremo norte. Nesse caso, a hierarquia máxima atingida consiste na 3ª ordem, representada pelo córrego Lamarão, que recebe afluentes de 1ª e 2ª ordens, conforme a classificação de STRAHLER (1952).

Quanto ao fluxo, observa-se que as drenagens na área de estudo do complexo minerário possuem direção sempre para fora de seus limites, o que as caracterizam como uma zona típica de efluxo. Desse modo, a sub-bacia do córrego Lamarão representa importante área de contribuição fluvial, sendo que a área de estudo do empreendimento não recebe nenhum contribuinte externo aos seus limites a montante.

Nos tópicos a seguir é apresentada a caracterização da rede de drenagem local, com base no contexto da sub-bacia do córrego Lamarão e na distribuição das microbacias contribuintes do mesmo na área de estudo.

### 12.1.2.1.1 - Sub-bacia do córrego Lamarão

A sub-bacia do córrego Lamarão recebe toda a contribuição das microbacias inseridas na área do complexo minerário e drena diretamente a maior parte do espaço previsto para a implantação da cava, a qual seu leito principal deve seccionar de sul para norte.

Em seu alto curso, no limite sul da área de estudo, a nascente principal encontra-se situada próximo à rodovia BR-251. Nesse trecho seu canal é levemente encaixado e situado na interface entre o domínio morfológico dos platôs e o das colinas.

Logo a jusante de sua cabeceira verifica-se a presença de um barramento utilizado para o uso de apoio às atividades silvícolas da Fazenda São Francisco, de propriedade da Cerâmica União, de Salinas. Tal estrutura hidráulica corresponde à maior intervenção em todo o seu curso na área de estudo (Foto 12.1).



**Foto 12.1 - Barramento situado no alto curso do córrego Lamarão, próximo à sua cabeceira, correspondendo à principal estrutura hidráulica identificada no leito principal do curso d'água.**

Imediatamente após o referido barramento o leito do córrego Lamarão se aprofunda, conformando um desnível considerável a jusante. A partir daí o curso d'água segue seu leito original, marcadamente condicionado pelo conjunto de falhas e fraturas do substrato geológico.

Não muito distante de sua cabeceira, o córrego Lamarão já recebe a contribuição dos córregos Capão da Onça, Capão do Meio e, um pouco mais a jusante, do córrego da Batalha, principais contribuintes do seu trecho da alta cabeceira.

As futuras estruturas do complexo minerário que deverão ficar situadas nos limites do vale principal do córrego Lamarão são:

- Barragem pulmão de água para uso industrial
- Unidade industrial - parte sul
- Cava
- Diques de contenção de finos

De todas as estruturas mencionadas acima, a cava constituirá o mais importante elemento na sub-bacia, tanto em extensão quanto em termos de interferência em si, uma vez que sua implantação envolverá a alteração profunda do vale, o que inclui o desvio do córrego em canais, conforme apresentado no capítulo de caracterização do complexo minerário.

A barragem pulmão de água para uso industrial, por sua vez, a ser implantada o alto curso do córrego Lamarão, deverá ter um espelho d'água com aproximadamente 0,38 km<sup>2</sup> e cota do lago em 800 m (Foto 12.2).



**Foto 12.2 - Visão geral do vale do córrego Lamarão, no trecho onde se pretende implantar uma das barragens de água do complexo minerário.**



Nessa região há uma densa rede de drenagem com inúmeras nascentes de água identificadas no cadastramento realizado, conforme apresentado no Relatório de Nascentes, Travessias e Usos - Anexo nº 04 do Módulo 14. De acordo com os padrões regionais, o vale possui feições acentuadas, resultado do entalhe da drenagem aproveitando as linhas de fraturas e falhas, o que é notável em seu médio curso, na porção a ser interceptada pela cava (Foto 12.3).



**Foto 12.3 - Vista de norte para sul do local onde se pretende desenvolver a cava, no vale do córrego Lamarão.**

Observa-se que nas suas cabeceiras a maior parte das drenagens naturais contribuintes do córrego Lamarão foi alterada pelas atividades silvícolas, amplamente distribuídas na região. Salienta-se, contudo, que o entorno das principais nascentes foi preservado, mantendo-se boa parte das Áreas de Preservação Permanente - APPs de drenagem, o que contribuiu para a manutenção do equilíbrio hídrico de maneira pontual.

Tal situação se repete por toda a extensão da área de estudo, onde a atividade silvícola descaracterizou os topos dos platôs locais, implicando em alterações locais na taxa de percolação da água no solo e no fluxo natural das águas da chuva (Foto 12.4). Contudo, não há dados históricos que permitam comparar os dados atuais de vazão à situação anterior.



**Foto 12.4 - Escoamento da chuva em sulco ao lado de estrada localizada no topo do platô onde se pretende implantar a cava.**

Ressalta-se que o canal principal do córrego Lamarão na área de estudo apresenta-se encaixado no substrato rochoso. Apenas no caso de alguns de seus pequenos tributários de 1ª e 2ª ordem verificam-se alguns pontos onde o fluxo corre sobre solos, ainda que rasos. Ao longo do leito principal observa-se a deposição de sedimentos no canal e em suas margens, constituídos por frações diversas que vão de areias a seixos e matacões (Foto 12.5).

Devido ao condicionamento estrutural, o canal principal do Lamarão, bem como de seus afluentes, apresentam trechos retilíneos. Essa característica é marcante principalmente no médio curso do córrego, com direcionamento quase retilíneo de seu canal principal ao longo da direção geral sul-norte, conforme já mencionado. Outro indício do condicionamento estrutural é a presença de soleiras estruturais no leito dos canais, o que demonstra a presença de fraturas e falhas e normalmente configuram pequenas quedas d'água (Foto 12.6).

O vale do córrego Lamarão torna-se um pouco mais amplo nas proximidades do talvegue, junto ao limite norte da área de estudo, após receber a contribuição do córrego Mundo Novo. Nessa região, onde está situada a comunidade homônima, verifica-se a presença de uma pequena planície fluvial local onde é possível observar depósitos aluviais de pequenas dimensões (Foto 12.7).



**Foto 12.5 - Córrego Lamarão em seu médio curso, onde se pretende implantar a cava.**



**Foto 12.6 - Ao longo do leito do córrego Lamarão, assim como em outros cursos d'água da área de estudo, é possível observar a presença de pequenas quedas d'água em função da presença de afloramentos de rochas em geral associados a falhas e fraturas geológicas.**



**Foto 12.7 - Planície do vale do córrego Lamarão no limite norte da área de estudo.**

Salienta-se que apesar de diferenciações pontuais, em toda a extensão do vale do córrego Lamarão ocorre o padrão de drenagem retilíneo, com pequenas variações normais ao longo de seu perfil longitudinal relacionadas à altitude, que no caso varia de aproximadamente 920 metros na cabeceira a 780 metros a jusante, próximo ao limite analisado.

Em relação à tipologia do vale observa-se que o mesmo apresenta vertentes em forma de “V”, sendo que em alguns locais a declividade é bastante acentuada, conformando alguns paredões rochosos quase retilíneos próximos às bordas dos platôs e junto ao leito do curso d’água (Foto 12.8).

Em relação ao uso das águas superficiais na sub-bacia do córrego Lamarão identificou-se, além do consumo indireto para a silvicultura, o consumo humano, o uso para a dessedentação de animais, o uso para a irrigação de pequenos cultivos e para a recreação, embora esta se dê de forma esporádica. Importante salientar que, fora o uso silvícola identificado próximo às cabeceiras, os outros usos se dão preferencialmente em nascentes e tributários menores do córrego Lamarão (Foto 12.9).

Para a dessedentação animal a água utilizada é retirada diretamente do curso d’água, que em alguns pontos é até cercado entre as propriedades (Foto 12.10).

Quanto à vazão no córrego Lamarão, a mesma foi medida em duas seções. Na primeira, situada junto à sua cabeceira, o valor obtido foi de 11,6 l/s, enquanto no ponto à jusante, que recebe a contribuição de toda a sub-bacia, inclusive dos maiores afluentes da área de estudo, o valor obtido foi de 181 l/s, o que reflete a importância da contribuição de todas as drenagens situadas a montante nos limites a serem efetivamente afetados pela estrutura do complexo minerário (Foto 12.11).



**Foto 12.8 - Afloramento de metadiamictito junto ao leito do córrego Lamarão em seu médio curso.**



**Foto 12.9 - Pastagem extensiva na margem esquerda do córrego Lamarão, um pouco antes de sua confluência com o córrego Mundo Novo.**



**Foto 12.10 - Cerca transversal ao leito do córrego Lamarão, perto da comunidade homônima. Notou-se que em alguns pontos do seu leito tal prática é comum, a fim de evitar que os animais passem de uma propriedade para outra.**



**Foto 12.11 - Ponto de medição de vazão no leito do córrego Lamarão, a jusante das estruturas.**

Os resultados detalhados de vazão são apresentados no Relatório de Nascentes, Travessias e Usos (Anexo nº 04 do Módulo 14 - RTC 04).

#### **12.1.2.1.2 - Microbacia do córrego Mundo Novo**

A microbacia do córrego Mundo Novo encontra-se situada no limite norte da área de estudo, local onde deverá ser implantada a barragem de rejeitos, parte da cava, a pilha de material estéril referente ao primeiro ano de operação e que ainda receberá parte da contribuição da área industrial. Estruturas temporárias serão os diques de contenção de finos, os quais serão implantados a jusante da barragem.

Assim como as demais drenagens locais, o vale do córrego Mundo Novo apresenta forte condicionamento estrutural, seguindo o sentido oeste-leste, onde a água segue a direção das fraturas geológicas presentes também ao longo dos leitos de seus tributários. Interessante colocar que nas proximidades do local onde se pretende implantar o eixo da barragem de rejeitos foi identificada, no mapeamento geológico, uma falha que corta, perpendicularmente, o vale principal. Tal fato, também associado à diferenciação da constituição e do grau de alteração da rocha, explica a diferenciação na morfologia do vale, que junto às cabeceiras apresenta padrão retilíneo a dendrítico, e no médio/baixo curso possui padrão retilíneo-retangular (Foto 12.12).





**Foto 12.12 - Visão geral das cabeceiras da microbacia do córrego Mundo Novo, local onde se pretende implantar a barragem de rejeitos. Nesse segmento o vale é mais aberto e a rede de drenagem um pouco menos encaixada, o que pode ser, em parte, explicado pela litologia mais friável, metadiamicítico “estéril”, presente em grande parte desse trecho.**

A medição de vazão, realizada em um ponto próximo à cabeceira do córrego Mundo Novo (Foto 12.13), indicou a vazão de 4,2 l/s, conforme apontado no Relatório de Nascentes, Travessias e Usos (Anexo nº 04 do Módulo 14 - RTC 04).



**Foto 12.13 - Ponto de medição de vazão próximo à cabeceira do córrego Mundo Novo.**

Sua nascente principal está localizada na base do platô local, na transição com as formas morfológicas do tipo colinas, apresentando feições relativamente suaves, onde a drenagem encontra-se pouco encaixada (Foto 12.14).

Os topos dos platôs locais correspondem a extensas áreas de recarga preferencial dos aquíferos que alimentam a microbacia. Apesar disso, as superfícies foram descaracterizadas em relação ao uso e à ocupação, tendo sido a vegetação nativa substituída pela cultura de eucalipto, o que indica uma provável alteração da capacidade de recarga devido à modificação da estrutura do solo nas áreas de cultivo e à compactação do solo para a abertura das vias (Foto 12.15). Entretanto, cabe mencionar que a recarga do aquífero local também é influenciada por fatores inerentes à geologia e ao solo que ocorrem na parte da alta microbacia do córrego Mundo Novo. Nesse sentido, destaca-se que naquela porção do vale a rocha matriz, metadiamicritos estéreis, é mais argilosa do que as mineralizadas que ocorrem a partir do médio curso do Mundo Novo, sendo que tal fator reflete na formação de um pacote de solo e rocha menos permeável em função da predominância da fração argila.

Na microbacia há um pequeno barramento, principal estrutura hidráulica presente ao longo do curso do córrego Mundo Novo, destinado ao suprimento de água para utilização em atividades de apoio à prática silvícola (foto 12.16).



**Foto 12.14 - Vale do córrego Mundo Novo ainda em seu alto curso, no limite da área pretendida para a implantação da cava, imediatamente a jusante da futura barragem de rejeitos. Observa-se a presença de vertentes suaves recobertas por uma espessa cobertura elúvio-coluvionar.**



**Foto 12.15 - Cultivo de eucalipto no platô da vertente esquerda do córrego Mundo Novo. A estrada que contorna o cultivo, limite da área manejada, também representa o limite entre as áreas plantadas e os remanescentes de vegetação nativa presentes nas médias e baixas encostas.**



**Foto 12.16 - Açude situado junto à nascente principal do córrego Mundo Novo. O mesmo é utilizado para atividades de apoio à cultura silvícola que ocorre nos topos do vale.**

A outra estrutura hidráulica presente no vale do córrego Mundo Novo corresponde também a um pequeno açude, localizado num afluente sem denominação localizado na margem direita, também utilizado para o apoio às atividades silvícolas (Foto 12.17).



**Foto 12.17- Barramento situado em afluente da margem direita do córrego Mundo Novo, na direção do futuro eixo da barragem de rejeitos.**

Todos os afluentes do córrego Mundo Novo apresentam pequenas dimensões e, assim como o leito principal, são fortemente condicionados por estruturas geológicas rúpteis, gerando um sistema de fraturas conjugado que origina o padrão retilíneo da rede de drenagem, direcionando fortemente tanto o leito do canal principal quanto seus tributários de 1ª ordem (Foto 12.18).



**Foto 12.18 - Em primeiro plano, vale de tributário da margem direita do córrego Mundo Novo, ainda no seu alto curso. O leito do canal apresenta segmentos retilíneos que correspondem a linhas de falhas, onde se observam inflexões na direção do canal.**

Contudo, a maior evidência do condicionamento estrutural na área da microbacia do Mundo Novo é a presença do cânion formado pelo alinhamento aproximado oeste-leste de uma sequência de falhas, o que fica visível no mapa geológico e hidrográfico local. Naquele trecho o vale apresenta forma de “U” e mantém o padrão de drenagem retilíneo, estando bastante encaixado diretamente no substrato rochoso (foto 12.19).

Na região de suas cabeceiras, o vale apresenta baixos gradientes em seu leito principal, característica que se mantém ao longo de seus tributários. A alta microbacia do córrego Mundo Novo encontra-se um pouco menos encaixada do que seu médio e baixo curso. Somente próximo à sua foz verifica-se um segmento um pouco mais aberto, com a presença de vertentes um pouco mais suaves e distantes entre si, conformando um pequeno trecho do vale com a tipologia em “V” (Foto 12.20).



**Foto 12.19 - Vale em "U" no médio/baixo segmento do córrego Mundo Novo, local marcado pela presença de um cânion.**





**Foto 12.20 - Trecho final do córrego Mundo Novo, região na qual o vale se abre um pouco e as vertentes retilíneas do médio curso dão lugar a vertentes com formas em “V”.**

Dessa maneira, a microbacia do córrego Mundo Novo apresenta características similares às do córrego Lamarão: perfil longitudinal relativamente homogêneo, a partir de seu médio curso, com baixo gradiente hidráulico, padrão de drenagem retilíneo, por vezes apresentando segmentos dendríticos nas cabeceiras, ambos associados ao condicionamento estrutural. Em função da topografia um pouco mais suave na região de sua cabeceira, podem ser observadas, pontualmente, áreas com características brejosas, como a verificada nas proximidades da área pretendida para a implantação da barragem (Foto 12.21).



**Foto 12.21 - Área brejosa em drenagem situada na alta microbacia do córrego Mundo Novo, local pretendido para a instalação da barragem de rejeitos.**

Quanto ao uso do curso d'água principal verificou-se que o mesmo é utilizado para o apoio à prática da silvicultura, caso do açude existente próximo à sua cabeceira, conforme já mencionado, e para a dessedentação animal, na região da cabeceira e de sua foz. Em relação a este uso observa-se que a criação de rebanhos na microbacia se dá de forma bastante extensiva, com poucas cabeças que ficam soltas no vale (Foto 12.22).

A água na microbacia também é utilizada para outros fins, inclusive para o consumo humano e para a irrigação de culturas de subsistência, contudo salienta-se que esses usos ocorrem diretamente nos tributários e não pela adução de água do leito do córrego.

Outro ponto a destacar em relação ao uso é que, como a ocupação na microbacia apresenta uma densidade muito baixa, mesmo o consumo humano devido a esta taxa de ocupação é pouco expressivo em termos de volume. Mesmo o consumo animal, observado em quase toda a área de estudo, se dá em volumes pouco quantificáveis, em função do manejo extensivo.

Desta forma, o principal uso da água na microbacia corresponde à silvicultura, que utiliza a água diretamente pela adução para atividades de apoio ao manejo das glebas de eucalipto situadas nos divisores de águas.



**Foto 12.22 - Pastagem extensiva em vale de tributário da porção final do córrego Mundo Novo.**

#### **12.1.2.1.3 - Microbacia do córrego do Vale**

Nos limites da microbacia do córrego do Vale, as estruturas do empreendimento a serem implantadas são uma das barragens de água e parte da cava, que estará situada junto à foz de seu leito principal e de seus afluentes. Nesse contexto estão inseridas outras pequenas drenagens, sem denominação formal, conforme pode ser visualizado no mapa hidrográfico local (Anexo 19).

As cabeceiras do córrego do Vale apresentam-se parcialmente alteradas em função da ocupação antrópica representada por parte do povoado do Vale das Cancelas, além de áreas destinadas ao cultivo de eucalipto (Foto 12.23).

Devido à proximidade do povoado observou-se que a drenagem pluvial de parte do mesmo flui diretamente para o vale, sendo que não há nenhum dispositivo de controle dos fluxos superficiais do núcleo populacional (Foto 12.24).

Apesar disso, a nascente principal do córrego, situada a metros da ocupação, mantém seu entorno imediato relativamente preservado, com parte da vegetação nativa representada por campo sujo e mata, em bom estado de conservação (Foto 12.25).



**Foto 12.23 - Visão geral da cabeceira do córrego do Vale, ao fundo na foto, o povoado do Vale das Cancelas.**



**Foto 12.24 - As edificações do Vale das Cancelas chegam ao limite da vertente do vale, entretanto longe das estruturas principais do complexo minerário.**



**Foto 12.25 - Aspecto do entorno imediato da nascente do córrego do Vale, onde a vegetação mantém-se parcialmente preservada.**

Junto à nascente foi realizada a medição de vazão no córrego do Vale, onde se obteve uma vazão de 1,5 l/s, fluxo baixo se comparado às medições feitas nas cabeceiras de outras drenagens na área de estudo (Foto 12.26).



**Foto 12.26 - Ponto no qual foi medida a vazão na cabeceira do córrego do Vale, correspondente a um segmento estreito e cheio de blocos no leito do canal.**

Contribuinte da margem direita do córrego Lamarão, o córrego do Vale possui microbacia de dimensões reduzidas, vertentes em “V” bem aguçadas, padrão de drenagem retilíneo, sobretudo do canal principal, com direção geral sul-norte na cabeceira, passando a sudeste-noroeste em seu trecho final (Foto 12.27).



**Foto 12.27 - Cabeceiras do córrego do Vale, visão de sul para norte.**

De maneira geral, seus afluentes apresentam canais com pequenas dimensões, caracterizados por segmentos pouco volumosos, encaixados diretamente sobre a rocha (Foto 12.28).

A fisionomia do vale muda gradativamente em direção ao seu baixo curso, onde se torna um pouco mais amplo, com vertentes mais recuadas inseridas no domínio morfológico das colinas (Foto 12.29).

Em relação ao uso da água, observou-se na microbacia o consumo humano, animal e de irrigação. Quanto ao consumo humano verificou-se que este é realizado, sobretudo, pela utilização direta das nascentes de tributários e não pela retirada da água do leito principal. Situação semelhante ocorre com o uso para a irrigação das pequenas culturas de subsistência presentes próximas às casas das pequenas propriedades rurais que caracterizam a ocupação do vale (Foto 12.30).



**Foto 12.28 - Canal principal do córrego do Vale, ainda próximo à cabeceira. O leito corre sobre a rocha e sedimentos aluviais e eluviais, junto aos quais se verifica a presença de blocos e seixos pouco rolados, indicativo da baixa capacidade de transporte de material em função das baixas vazões.**





**Foto 12.29 - Porção final da microbacia do córrego do Vale, onde se observam vertentes um pouco mais amplas características do domínio das colinas.**



**Foto 12.30 - Casa situada no trecho final da microbacia do vale do córrego do Vale. Na propriedade é mantida cultura de subsistência e a criação de pequenos rebanhos. Para o abastecimento direcionado ao consumo humano observou-se que a água é retirada de uma nascente localizada em tributário da margem esquerda do córrego.**

Da mesma forma que o identificado em outros locais da área de estudo, nas regiões dos divisores de água, no caso os platôs, se tem a manutenção de extensas áreas de eucaliptais, mantidos justamente onde o relevo possibilita o desenvolvimento de tal atividade.

#### **12.1.2.1.4 - Microbacia do córrego Batalha**

A microbacia do córrego Batalha consiste numa das menores microbacias existentes na área de estudo, formada basicamente pelo canal principal do curso d'água de direção geral sudoeste-nordeste, contribuinte de 2ª ordem da margem direita do córrego Lamarão.

Possui forma peculiar devido ao encaixe e direcionamento retilíneo de toda a sua área de drenagem, não possuindo nenhum tributário expressivo, seja em dimensão, seja em volume de contribuição.

Seu leito segue o condicionamento estrutural verificado em toda a área de estudo, sendo que o mesmo corre em geral diretamente sobre a rocha, apresentando depósitos restritos de cobertura elúvio-coluvionar nas suas baixas vertentes. Em suas cabeceiras verifica-se proximidade em relação às formas aplanadas dos platôs, passado levemente para as formas de colinas (Foto 12.31).



**Foto 12.31 - Visão parcial da cabeceira do córrego da Batalha, situada em meio a formas de platôs, na interface com as formas colinosas.**

Conforme o plano diretor do complexo minerário do Bloco 8, não há nenhuma estrutura prevista a ser implantada na microbacia, sendo que junto ao seu baixo curso ficará o limite extremo sul da cava.

Do ponto de vista do uso da água, a microbacia possui importância fundamental, uma vez que é nela que se encontra situado o açude que abastece o povoado do Vale das Cancelas (Foto 12.32).

Logo a jusante do açude, que se encontra devidamente cercado em função de se tratar de um manancial, realizou-se medição de vazão, que atingiu 28,8 l/s, volume considerável no âmbito da área de estudo do complexo minerário (Foto 12.33). Ressalta-se que os resultados detalhados da medição de vazão, cadastro das nascentes e usos na microbacia encontram-se no Relatório de Nascentes, Travessias e Usos - (Anexo nº 04 do Módulo 14 - RTC 04).

Quanto aos outros usos identificados, destaca-se a silvicultura nos topos e algumas manchas de pasto sujo nas médias e baixas vertentes, sobretudo na região de sua foz.



**Foto 12.32 - Açude onde é realizada a captação para o abastecimento público do povoado do Vale das Cancelas.**



Foto 12.33 - Medição de vazão no córrego da Batalha.

#### 12.1.2.1.5 - Microbacia do córrego Capão do Meio

A microbacia do córrego Capão do Meio corresponde à menor unidade elementar de drenagem situada na área do complexo minerário.

Sua nascente principal encontra-se situada na porção sudoeste da área de estudo, em área parcialmente alterada pelo cultivo de eucalipto a montante e pelo uso de pastagem extensiva, suja, nas vertentes. Junto à sua nascente está à única estrutura hidráulica presente na área da microbacia, representada por um pequeno açude utilizado para atividades de apoio para a silvicultura (Foto 12.34).



**Foto 12.34 - Açude localizado na cabeceira do córrego do Meio.**

Afluente da margem esquerda do córrego Lamarão, em seu alto curso, o canal principal possui pouco mais de um quilômetro de extensão. Seu leito, de direção geral sudoeste-nordeste, é condicionado por fraturas geológicas, conforme apresentado no mapa geológico do Bloco 8.

Ao longo da microbacia identificou-se apenas dois pequenos tributários, um na margem direita e outro na esquerda, ambos com poucos metros de extensão.

O padrão geral da drenagem é o retilíneo, levemente encaixado no substrato rochoso e na cobertura detrítica elúvio-coluvionar que recobre o vale (Foto 12.35).

Ressalta-se que a drenagem não deverá sofrer intervenções diretas do empreendimento. De toda forma, dada a sua contribuição para a sub-bacia do córrego Lamarão, procedeu-se a medição de vazão no seu leito principal, tendo sido aferida uma das mais baixas vazões dentre todas as seções da área de estudo, com 1,4 l/s (Foto 12.36). Os resultados e o detalhe da seção encontram-se no Relatório de Nascentes, Travessias e Usos (Anexo nº 04 do Módulo 14 - RTC 04).



**Foto 12.35 - Vale do córrego Capão do Meio com vertentes onduladas, parcialmente recobertas por manchas de vegetação nativa e eucalipto nos divisores d'água.**



Foto 12.36 - Ponto de medição de vazão realizado no córrego Capão do Meio.



### 12.1.2.1.6 - Microbacia do córrego Capão da Onça

O córrego Capão da Onça corresponde à maior microbacia contribuinte do córrego Lamarão em seu alto curso, do qual é afluente da margem esquerda.

O córrego Capão da Onça ficará no limite sul das áreas onde se pretende implantar as instalações administrativas e parte da unidade industrial do Projeto Vale do Rio Pardo. Parte de sua foz será inundada pela barragem pulmão de água projetada para o alto Lamarão (Foto 12.37).



**Foto 12.37 - Visão geral do vale do córrego Capão da Onça, tirada no local no qual deverá ficar a unidade industrial.**

De forma geral, a drenagem apresenta padrão dendrítico, embora as ramificações de seus afluentes sejam quase perpendiculares à de seus tributários, devido à presença de falhas e fraturas. O leito principal corre bem encaixado com direção geral de oeste para leste e apresenta leve curvatura em seu médio leito. As vertentes são em sua maioria em “V”, sendo relativamente suaves na alta e média encosta e tornando-se mais incisivas ao longo do talvegue (Foto 12.38).

Os tributários do córrego Capão da Onça possuem pequenas dimensões e volumes de contribuição. A nascente e o leito principal representam quase a totalidade da vazão da microbacia, apesar de apresentarem mesmo assim dimensões pouco expressivas de largura e profundidade (Foto 12.39).

A medição de vazão realizada no mês de julho de 2011, próximo à cabeceira do córrego da Onça, apontou volume da ordem de 39 l/s, maior vazão verificada para a cabeceira das drenagens inseridas na área a ser diretamente afetada pelo empreendimento minerário, indicando a importância dessa microbacia no contexto do córrego Lamarão (Foto 12.40).



**Foto 12.38 - Vertente da afluyente da margem esquerda do córrego Capão da Onça, ponto logo a jusante da cabeceira, onde se observa a drenagem encaixada sobre a cobertura elúvio-coluvionar.**



**Foto 12.39 - Canal principal do córrego Capão da Onça, ainda próximo às suas cabeceiras.**



**Foto 12.40 - Medição de vazão próximo à cabeceira do córrego Capão da Onça.**

Com relação aos usos da água nos limites da microbacia, verificou-se que predomina a atividade silvícola, que faz o uso indireto da água para atividades de apoio (Foto 12.41).



**Foto 12.41 - Adução de água para a utilização em atividades de apoio à silvicultura.**

Outro uso identificado corresponde à dessedentação animal, embora as práticas agropecuárias na microbacia sejam bastante incipientes, possuindo caráter extensivo.

Cabe destacar que todo o limite superior da microbacia, nos domínios das formas de platô, encontra-se tomado por áreas de cultivo de eucalipto, principal atividade desenvolvida na área de estudo. Não foram identificadas residências permanentes propriamente ditas em seus limites e a ocupação antrópica encontra-se representada pelas estruturas das instalações das atividades silvícolas, o que inclui escritórios e pequenas casas onde ficam alguns funcionários da empresa que atua no local (Foto 12.42).



**Foto 12.42 - Sede da fazenda localizada na vertente esquerda do córrego Capão da Onça, próximo à sua cabeceira principal.**

#### **12.1.2.1.7 - Microbacia do córrego Jibóia**

A porção sul do córrego Jibóia encontra-se acima da cota 900 m e é caracterizada por um relevo plano a suavemente ondulado onde estão inseridas suas nascentes principais, numa região alterada em função do cultivo pretérito de eucalipto.

Tal cenário se mantém por grande parte da microbacia, que passa a apresentar vertentes com maior declividade e vales mais encaixados a partir de seu médio curso, quando recebe a contribuição do córrego Taquara.

Sob o ponto de vista dinâmico, suas vertentes se caracterizam pelas baixas declividades, apresentando em toda a porção superior do vale uma feição bastante uniforme, que só se altera, pontualmente, próximo ao talvegue do curso d'água (Foto 12.43).



**Foto 12.43 - Platôs que caracterizam as cabeceiras do córrego Jibóia, com vertentes amplas de baixa declividade. Ao fundo a Serra da Bocaina, segmento local da cordilheira do Espinhaço.**

Ao longo do talvegue verifica-se leve encaixe da drenagem, havendo um pequeno açude utilizado para atividades de apoio às práticas silvícolas. A transição das vertentes para o fundo do vale é extremamente suave, mesmo com o leito principal encaixado sobre a rocha. A direção da drenagem apresenta forte controle estrutural por fraturas de direção geral sul-norte, na porção da alta microbacia, passando a ter direção geral de oeste para leste e nordeste, no médio e baixo curso, quando então se torna mais encaixado e suas vertentes ficam mais aguçadas, conformando típico vale em “V” (Foto 12.44).

Mesmo considerando seu trecho final, observa-se que o perfil longitudinal do canal principal apresenta um caimento suave, com poucas variações, que se tornam maiores apenas no baixo curso da drenagem.

O padrão de drenagem geral é o dendrítico, com pequenos trechos retilíneos, apesar de que os canais são menos condicionados estruturalmente do que as drenagens dos outros afluentes do córrego Lamarão.

Situado fora do limite da área de abrangência do projeto, a oeste e a norte desse limite, a microbacia do córrego Jibóia terá como única possível interferência direta do empreendimento a abertura futura de acessos no divisor da microbacia (Foto 12.45).



**Foto 12.44 - Ponto com relevo mais movimentado do vale do córrego Jibóia, nas proximidades da comunidade de São Francisco, fora do limite norte da área de estudo.**



**Foto 12.45 - Estrada que servirá de acesso principal ao complexo minerário, situada nas cercanias do divisor de águas.**



Em relação ao uso da água verificou-se a presença da atividade de silvicultura, pastagens extensivas e, bem a jusante, a norte do limite da área de estudo, a utilização para pequenos cultivos. Interessante ressaltar que no extremo norte da área investigada fica situada a comunidade de São Francisco, (Foto 12.46), na qual se verificou o consumo humano não da água do canal principal, mas sim a partir de um pequeno tributário do qual a água é conduzida para a comunidade, através de canos instalados pela Prefeitura Municipal de Grão Mogol.



**Foto 12.46 - Comunidade de São Francisco, único povoado situado nos limites da microbacia, a jusante da área a ser diretamente afetada pelo complexo minerário.**

Como não haverá interferências sobre os recursos hídricos superficiais da microbacia, até pelo fato de seu leito principal estar consideravelmente distante das instalações do complexo minerário, não foi realizada a medição de vazão na mesma.

#### **12.1.2.1.8 - Microbacia do córrego D'água ou São Francisco**

A microbacia do córrego D'água, também denominada de São Francisco, encontra-se situada no extremo nordeste da área de estudo, sendo um dos afluentes da margem direita do córrego Lamarão. Apresenta direção geral sul-norte e pequena extensão, tanto do canal principal quanto dos pequenos e efêmeros tributários.

O vale tem suas cabeceiras situadas em cota próxima a 900 m, numa região caracterizada pela presença de expressivos desníveis entre o topo dos platôs que cercam a microbacia e o fundo do vale (Foto 12.47).



**Foto 12.47 - Visão geral do vale do córrego D'água (ao fundo) junto à confluência com o vale do córrego Lamarão, em primeiro plano. Nota-se que toda a região do vale do córrego D'água apresenta relevo movimentado, sobre o qual se observa a elaboração de vertentes densamente ravinadas.**

A morfologia acidentada que predomina em quase todo o vale, estando representada por vertentes pronunciadas, onde o processo de ravinamento causado pelos fluxos de água superficiais e o entalhe dos canais secundários é bastante visível.

Em seus limites predomina o uso da água para a dessedentação animal, sendo que a ocupação nos limites dessa microbacia é incipiente. Nos limites superiores do vale, assim como em toda a região, verifica-se a presença da atividade silvícola.

Assim como no caso do córrego Jibóia, não haverá intervenções diretas no vale do córrego D'água, portanto também não foi necessária a realização de medição de vazão em seus limites.

#### **12.1.2.2 - Adutora**

A adutora irá suprir as demandas operacionais do complexo minerário e do mineroduto Grão Mogol-Ilhéus, aduzindo água do lago de Irapé e enviando-a então à unidade industrial.

Interessante colocar que para a definição de seu traçado foi considerada, em conjunto com os parâmetros de engenharia, a análise dos atributos ambientais da área à qual a adutora corta. Assim, durante a fase de planejamento, avaliou-se na escolha da diretriz (eixo), parâmetros como a menor interferência possível sobre os ambientes naturais, como cursos d'água, nascentes, áreas de vegetação nativa e cavidades naturais, dentre outros.

A rota escolhida é, em parte, drenada diretamente pela bacia do rio Jequitinhonha, inserindo-se ainda nas sub-bacias de seus afluentes locais, rio Itacambiruçu e rio Vacaria, com seus respectivos tributários.

Interessante mencionar que o traçado da adutora percorre extensos trechos inseridos nos interflúvios, caracterizados por relevo plano que configura extensas chapadas cortadas por uma rede de drenagem bem espaçada. Dessa maneira, ao longo dos 57,4 quilômetros de percurso, o eixo da adutora atravessa apenas 11 vales de drenagens, a maioria perto de suas cabeceiras, porém afastado das nascentes.

Para a descrição ora apresentada, considerou-se como marco zero o ponto de captação no lago de Irapé, inserido na bacia do rio Jequitinhonha, cujo represamento do leito principal, logo a jusante da confluência com o rio Itacambiruçu, formou o espelho d'água.

Ao subir a vertente, o eixo delineado para a adutora segue pelo lado ocidental do vale do córrego Paulista, tributário do Jequitinhonha de regime sazonal. Após vencer a vertente, que possui considerável desnível, a adutora seguirá pelo interflúvio que conforma extensa área plana. Seu traçado se manterá próximo ao divisor de água até atingir o vale do ribeirão Santana, onde seu delineamento interceptará o canal principal.

Na sequência a adutora continua no alto dos platôs, passando em cotas acima de 800 metros, as quais coincidem, frequentemente, com os divisores de águas locais ou encontram-se muito próximas ao domínio da microbacia do ribeirão Santana, situada a leste.

A mesma direção de drenagem foi identificada mais ao norte, quando o delineamento da adutora passará pela sub-bacia do ribeirão Piabanha. Nessa sub-bacia o principal curso d'água interceptado pela adutora será o córrego Ouvidor.

Na sequência, o eixo proposto para a adutora se manterá no domínio morfológico dos platôs, até atingir os limites da sub-bacia do rio Itacambiruçu, representada localmente pelo vale do córrego Buriti. A partir desse ponto o traçado percorrerá sua parte mais plana e elevada, sempre nas cercanias dos divisores principais de águas.

Próximo ao seu segmento final, a adutora abarcará, a leste, trechos da microbacia do córrego Curral da Vara, integrante da sub-bacia do rio Vacaria. Também nessa região o traçado passará sobre uma área drenada pela sub-bacia do rio Ventania, que integra a sub-bacia do rio Itacambiruçu.

Já quando adentra na área de estudo do complexo minerário, o eixo da adutora passa a se inserir nas microbacias do córrego do Vale e da Batalha, respectivamente, até atingir a sub-bacia do córrego Lamarão, onde seu ramal final terminará.

O Anexo 20 (Mapa Hidrográfico Local - Adutora) apresenta a rede hidrográfica na área de estudo da adutora.

#### **12.1.2.2.1 - Sub-bacias do ribeirão Santana e ribeirão Piabanha**

Conforme divisão regional em otto-bacias de nível 4, as sub-bacias do ribeirão Santana e do ribeirão Piabanha constituem uma mesma unidade, abrangendo ainda a parte diretamente drenada pelo rio Jequitinhonha na área de estudo da adutora, no caso a microbacia do córrego Paulista (Anexo 21 - Mapa de Ottobacias - Complexo Minerário e Adutora).

Nessas sub-bacias, os vales a serem atravessados pelo eixo da adutora, de sul para norte, são: córrego Paulista, ribeirão Santana, córrego Moquém, córrego Manuel Francisco, córrego do Ouvidor, córrego Mumbuca, córrego da Piteira, córrego Buritizinho, córrego Buriti, córrego do Vale, córrego da Batalha e córrego Lamarão.

Ao deixar o lago de Irapé, a adutora seguirá pelas vertentes do vale do córrego Paulista, drenagem intermitente, até atingir as cotas mais elevadas das chapadas locais, por onde correrá na maior parte de seu traçado, conforme já mencionado. O vale do córrego Paulista compreende uma drenagem de direção geral norte-sul, constituindo um vale bem encaixado com padrão de drenagem dendrítico e canal principal retilíneo, com evidência do possível controle estrutural sobre a drenagem. O outro contribuinte da microbacia, de dimensões mapeáveis, consiste num afluente de sua margem esquerda, sem denominação, porém bem delineado, com direção NE-SW, que intercepta perpendicularmente o leito principal do córrego Paulista. As vertentes do vale apresentam-se bastante agudas, configurando um típico vale com seção em “V” (Foto 12.48).



**Foto 12.48 - Vale do córrego Paulista, vista de leste para oeste. No fundo a vertente por onde a adutora subirá até atingir o topo do platô local. Nota-se que o vale é bastante encaixado em forma de “V”.**

A transição da vertente para o platô é marcada por uma pequena quebra do relevo. Na zona de topo, onde as águas vertem para o córrego Paulista, observou-se a presença de pequenos canais de escoamento superficial que formam pequenos sulcos no terreno, caracterizado pela alteração in loco do metadiamicrito, rocha matriz.

Após atingir os arredores dos divisores de água locais, o traçado pretendido para a adutora segue em terrenos planos, com ligeiras quedas em direção às drenagens situadas a leste. Salienta-se que, antes de atingir o vale do ribeirão Santana propriamente dito, o eixo percorrerá um longo trecho de águas vertentes para as cabeceiras dos córregos Massal e Jacú, afluentes da margem direita do ribeirão Santana (Foto 12.49).



**Foto 12.49 - Área de estudo da adutora junto às cabeceiras do córrego Massal.**

Na direção do leito principal do córrego Santana, a adutora irá cortar um vale que se encontra bastante encaixado sobre metadiamiclitos, xistos e filitos (Foto 12.50).



**Foto 12.50 - Ribeirão Santana, principal drenagem no limite sul da área de estudo da adutora.**

Interessante mencionar que, durante a primeira avaliação de traçado da adutora no vale do ribeirão Santana, foram identificadas duas cavernas de dimensões consideráveis em xistos subrepostos a diamictitos. Contudo, a definição final da diretriz da adutora indicou que a melhor rota se localiza a uma distância maior que 250 m do traçado, não havendo, portanto, intervenção direta ou indireta sobre as mesmas.

O ribeirão Santana possui padrão de drenagem dendrítico, com forte indício da atuação de controle estrutural em seu vale, que possui forma em “V” (Foto 12.51). Esse condicionamento estrutural é bastante atuante na região, definindo também a presença de chapadas intercaladas por vales incisivos, paisagem típica da borda leste da Serra do Espinhaço naquele trecho.



**Foto 12.51 - Vale do ribeirão Santana a jusante do traçado da adutora.**

Após transpor o vale do ribeirão Santana, a adutora passará próxima à cabeceira de outro afluente de sua margem esquerda, o córrego do Onça. O córrego do Onça é um dos contribuintes da sub-bacia do ribeirão Santana, onde parte dos contribuintes de 1ª ordem apresenta regime intermitente, sobretudo no trecho superior das cabeceiras, em cotas elevadas.

De modo geral, suas vertentes encontram-se fortemente trabalhadas pelos processos de dissecação e apresentam grande rugosidade nas porções médias e baixas, onde se verificou a presença de material elúvio-coluvionar, pouco trabalhado, em geral associados à ocorrência de Cambissolos Háplicos e afloramentos de rocha.

Nas proximidades da estrada de acesso à cidade de Josenópolis, espaço que marca o divisor de águas local entre a sub-bacia do ribeirão Santana e a do ribeirão Piabanha, o eixo projetado passará novamente sobre platôs, onde o uso do solo é marcado pela presença de extensos eucaliptais.

Na sub-bacia do ribeirão Piabanha, à semelhança com a sub-bacia do ribeirão Santana, percebe-se que os vales das drenagens apresentam morfologia com declividades moderadas na alta vertente, passando a pronunciadas nas médias e baixas vertentes. Os leitos principais mostram-se bem encaixados sem, contudo, apresentarem grandes variações no seu perfil longitudinal.



As microbacias inseridas na área em questão são de sul para o norte, a do córrego Moquém, o córrego Manuel Francisco, o córrego do Ouvidor e o córrego Mumbuca. Desses, aquele que corresponde à principal drenagem é o córrego do Ouvidor, um dos maiores contribuintes da margem direita do ribeirão Piabanha.

Essas e outras drenagens presentes na área de estudo da adutora possuem como característica o fato de serem subseqüentes, quando o curso d'água é controlado por descontinuidades, falhas e fraturas. Tal evidência torna-se clara quando se analisa a rede hidrográfica em mapas e imagens de satélite.

Em relação ao padrão de drenagem, os cursos d'água desse trecho possuem distribuição dendrítica, com ramificações com direcionamento variado. Os canais estão direcionados, predominantemente, para a direção nordeste, até a confluência com o leito principal do ribeirão Piabanha, que corre de noroeste para sudeste.

Na sub-bacia do ribeirão Piabanha observa-se, em geral, que as drenagens na área de estudo são constituídas por contribuintes de 1ª, 2ª e 3ª ordem, com baixa vazão, canais relativamente estreitos, encaixados diretamente sobre as rochas. Os vales, em função do relevo intensamente movimentado, apresentam-se em forma de "V", com vertentes acentuadas, como mencionado anteriormente.

O último afluente da sub-bacia do ribeirão Piabanha seccionado pelo traçado da adutora é o córrego da Piteira (Foto 12.52), contribuinte do córrego Curralinho, que passa a leste da área de estudo, já no limite com a sub-bacia do córrego Buriti, este inserido na sub-bacia do rio Itacambiruçu.

A tipologia dos canais fluviais nessa parte da área de estudo pode ser classificada pontualmente como meandrante com leitos esculpido sobre material aluvionar e coluvionar. Contudo, predomina o padrão retilíneo, não raramente associado à presença de falhas e fraturas.

As principais drenagens apresentam orientação geral de SW para NE, passando bruscamente de NW para SE, em função do condicionamento estrutural das drenagens.



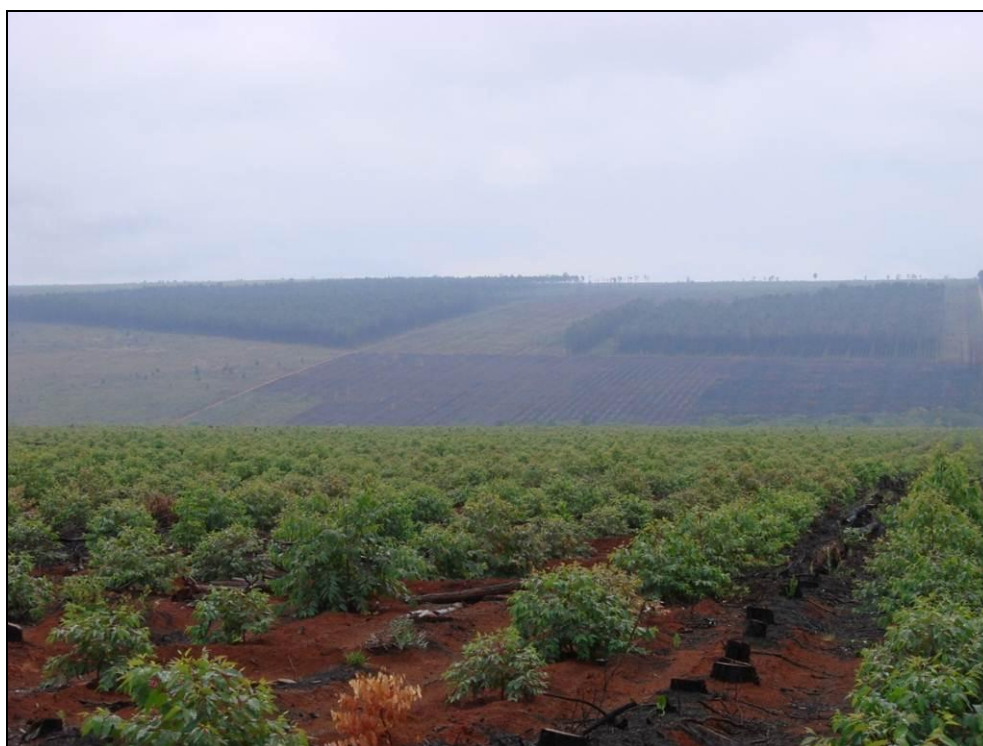
**Foto 12.52 - Córrego Piteira, drenagem interceptada pelo eixo próximo à sua cabeceira.**

### 12.1.2.2.2 - Sub-bacia do córrego Buriti

A sub-bacia do córrego Buriti drena, em sua cabeceira, uma parte da área de estudo da adutora, local onde se observou que o leito principal apresenta vazão pouco expressiva, com canal levemente esculpido sobre rochas do Grupo Macaúbas e sedimentos quaternários.

Próximo ao ponto a ser interceptado pela adutora verificou-se a presença de um açude, utilizado para as atividades de apoio da fazenda cujas atividades são voltadas à silvicultura.

Seu vale é bastante suave na porção de sua cabeceira, com vertentes longas e encaixe suave (Foto 12.53).



**Foto 12.53 - Visão geral do vale do córrego Buriti, a ser interceptado pela adutora.**

O vale do córrego Buriti segue na direção sul/sudoeste, sendo quase retilíneo até a confluência com o rio Itacambiruçu, cerca de 16 quilômetros da diretriz da adutora. Seu padrão geral de drenagem é do tipo retilíneo, com pequenas áreas apresentando padrão dendrítico, mas de toda forma marcadas pelo nítido controle estrutural, conformando afluentes paralelos numa intricada rede de drenagem que passa a retangular, quando analisados de forma mais abrangente no contexto da sub-bacia.

O canal apresenta em suas cabeceiras perfil longitudinal suave, o que favorece a deposição em seu alto curso.

Seu principal afluente no trecho em análise é o córrego Buritizinho, contribuinte da sua margem esquerda, que também apresenta perfil suave e vazão limitada. Todos os seus afluentes situados na área de estudo são de pequenas dimensões, alguns de caráter intermitente. Em parte deles, mesmo na época das chuvas, observou-se leitos secos. Em suas vertentes pode-se observar a presença de espessos pacotes de cobertura detrítica, com matacões e frações de areia, pouco selecionados (Foto 12.54). Acima dessa cobertura verificou-se a presença de alguns ravinamentos ocasionados pelo escoamento das águas pluviais incidentes, provenientes dos topos dos platôs que cercam o vale.



**Foto 12.54 - Cobertura detrítica em perfil na vertente da margem esquerda do córrego Buriti.**

Importante destacar a presença da atividade de silvicultura na porção superior da sub-bacia, uma vez que é no entorno dessas áreas que ocorrem algumas das nascentes identificadas na região, as quais se encontram apenas parcialmente protegidas por remanescentes de vegetação nativa, pouco expressivos em termos de área (Foto 12.55).

Notou-se que a maior interferência identificada pelo uso do solo nos platôs para a prática silvícola é o aumento da velocidade do fluxo superficial, com o conseqüente carreamento de sedimentos dos topos das vertentes para os vales, causando o assoreamento dos mesmos. Notou-se que no trecho em análise, junto às estradas principais, são escavadas “valas” para receber parte da água das chuvas, reduzindo a velocidade de escoamento das mesmas, sobretudo após eventos torrenciais (Foto 12.56).



**Foto 12.55 - Cultivo de pinus próximo ao fundo do vale do córrego Buriti.**



**Foto 12.56 - Vala locada na margem de estrada com objetivo de reduzir a velocidade do fluxo superficial.**

#### **12.1.2.2.3 - Sub-bacia do córrego Curral da Vara**

A sub-bacia do córrego Curral da Vara está localizada próxima ao trecho final do traçado da adutora, tendo direção predominantemente leste/nordeste. Afluente do rio Vacaria, drena parte das águas vertentes da margem direita da sub-bacia, porém possui uma área de contribuição relativamente pequena, perante as demais analisadas. Salienta-se que o leito principal do córrego Curral da Vara não será transposto pela linha da adutora, que seguirá próxima aos seus divisores de água, situados junto à estrada de acesso à Usina de Irapé (Foto 12.57).

Sua nascente encontra-se situada relativamente próxima à diretriz da adutora, em local elevado no domínio morfológico das formas dos platôs. O curso principal segue para NE até junto à rodovia BR 251, quando então sofre inflexão para sudeste, demonstrando a presença de forte condicionamento estrutural.

Seus principais contribuintes na área de estudo são: o córrego Boa Vista e o córrego da Flor, este último recebendo a contribuição do córrego Cancela. Essas drenagens terão seus vales interceptados pela estrutura da adutora na porção superior, perto de seus divisores.

A rede de drenagem local apresenta um padrão dendrítico, mantendo o padrão de drenagem geral do rio Vacaria, conforme já mencionado na caracterização regional. Situado na baixa sub-bacia do rio Vacaria, o curso d'água apresenta direcionamento geral de noroeste para sudeste.

Na baixa sub-bacia, a rede de drenagem está inserida em um contexto geológico de rochas metamórficas, principalmente metadiamicritos e quartzitos, e observa-se um encaixamento mais proeminente da rede de drenagem.

Situada numa região bastante plana, com cotas entre 800 e 900 metros nas cabeceiras, nota-se que seus divisores de água são bem sutis.



**Foto 12.57 - Pasto no platô que divide a sub-bacia do córrego Curral da Vara.**

Na região, a cultura de pinus predomina, dividindo espaço com pastagens intensivas. Portanto, os principais usos da água estão representados pelas atividades associadas à silvicultura e à dessedentação animal. Entretanto, na sub-bacia também foi identificado o consumo humano na área da Fazenda Cancela, onde há um açude que eventualmente é utilizado para o abastecimento público de forma complementar para o povoado do Vale das Cancelas, principal ocupação situada próximo aos limites da área de estudo da adutora (Foto 12.58).



**Foto 12.58 - Vale das Cancelas, único núcleo populacional presente na área de estudo da adutora, já perto do limite da área de estudo do complexo minerário. A água para abastecimento público, eventualmente é aduzida do açude localizado na Fazenda Cancela, córrego homônimo, a jusante do traçado da adutora.**

#### **12.1.2.2.4 - Sub-bacia do córrego Ventania**

A sub-bacia do córrego Ventania abrange também o trecho final do traçado da adutora, recebendo parte da contribuição das águas vertentes do platô que divide esta sub-bacia, situada a oeste da adutora, da sub-bacia do córrego Curral da Vara, situada a leste.

Apenas pequena parte da contribuição superficial da área da sub-bacia verterá para os seus contribuintes. Suas cabeceiras são marcadas por escarpas que conformam paredões que separam os topos dos platôs, enquanto o vale é bastante encaixado, distribuindo-se por uma grande extensão a oeste da área de estudo.

O padrão da drenagem é dendrítico, visivelmente condicionado por falhas e fraturas geológicas que marcam os vales do conjunto de tributários do rio Itacambiruçu, do qual o córrego Ventania é contribuinte da margem esquerda, em sua porção final.

As cabeceiras inseridas próximo à área de estudo da adutora apresentam suas drenagens principais com direção para oeste e sudoeste, por vezes, bruscamente infletidas em segmentos retilíneos para noroeste (Foto 12.59). Tal padrão, bastante complexo, ocupa toda a porção superior da sub-bacia e reflete, em parte, a influência dos eventos tectônicos associados ao fechamento do Orógeno Araçuaí.





**Foto 12.59 - Cabeceira do vale de tributário do córrego Ventania, junto à área de estudo da adutora.**

A sub-bacia do córrego Ventania apresenta densidade de drenagem elevada, característica multidirecional, angularidade média e assimetria predominantemente forte.

Fora o uso indireto da água para as atividades silvícolas na sub-bacia, verificou-se o uso para a dessedentação animal, que se dá de forma muito esparsa, já que os rebanhos na região são restritos a poucas cabeças, eventualmente mantidas nas pastagens naturais que ocupam as médias e baixas vertentes.

#### **12.1.2.2.5 - Sub-bacia do córrego Lamarão**

Conforme já mencionado na descrição local das drenagens do complexo minerário, local onde a adutora termina, o córrego Lamarão constitui uma importante sub-bacia da margem direita do rio Vacaria, onde deságua em sua porção norte.

Com direção geral de oeste para leste e a seguir de sul para norte, a sub-bacia reflete um sistema intenso de falhas e fraturas que condicionam a rede de drenagem local, a qual se encontra bem encaixada em toda a sub-bacia.

As microbacias a serem interceptadas pelo traçado da adutora são: a do córrego do Vale e a do córrego da Batalha, ambas contribuintes da margem direita da sub-bacia do córrego Lamarão, vale no qual a linha de adução de água findará (Foto 12.60).



**Foto 12.60 - Vale do córrego Lamarão, logo a jusante da barragem de água; típico vale com seção em “V”.**

Como já descrito na caracterização da rede de drenagem do complexo minerário, os vales que compõe a sub-bacia do Lamarão apresentam vertentes relativamente suaves no entorno de suas cabeceiras, aprofundando gradualmente em direção aos talwegues.

Dessa maneira, os vales abertos passam rapidamente a tomar formas mais agudas a jusante, no domínio das formas de colinas, local onde será instalada a barragem pulmão de água, estrutura projetada para manter o suprimento de água da operação do empreendimento por um período médio de 30 dias sem necessidade de adução.

Os canais das referidas drenagens possuem padrão retilíneo, com direcionamento geral de sul para norte.

Em relação à inserção da barragem pulmão verifica-se que a mesma se localizará na porção inferior das vertentes, onde o gradiente do relevo é ligeiramente mais baixo, caracterizando-se, portanto, como unidades hidrográficas elementares. Para suas vertentes intensamente ravinadas convergem as águas superficiais para pontos de absorção difusa e pontual ao longo do vale, fluindo na sequência em direção ao norte (Foto 12.61).



**Foto 12.61 - Córrego do Vale, região na qual o traçado da adutora chegará.**

Os contribuintes da sub-bacia do córrego Lamarão são, na sua maior parte, formados por cursos fluviais que, de acordo com a classificação de HORTON (1945), são de 1ª, 2ª ou 3ª ordem.

Quanto ao uso da água, destaca-se o uso para o consumo humano, caso do açude para abastecimento público situado no córrego Batalha, o uso indireto para a atividade de silvicultura, o uso para a irrigação de pequenas culturas e a dessedentação animal.

## **12.2 - Levantamento dos usos, demandas e disponibilidade hídrica dos recursos hídricos**

### **12.2.1 - Usos, demandas e disponibilidade hídrica dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos**

O presente item tem como objetivo apresentar os principais usos, demandas e disponibilidades atuais e futuras dos recursos hídricos nas áreas do complexo minerário e da adutora do Projeto Vale do Rio Pardo, nos municípios de Grão Mogol, Padre Carvalho e Josenópolis, em Minas Gerais.

Para tanto, foi feito um levantamento de dados secundários das principais informações existentes na região, considerando os relatórios técnicos disponíveis para os recursos hídricos do alto e médio Jequitinhonha, mais especificamente das bacias dos rios Vacaria, Itacambiruçu, Ventania e Jequitinhonha (Figura 12.1).

Posteriormente, foi feito um levantamento de dados primários com trabalhos de campo na área de estudo. Os locais percorridos foram previamente identificados por sub-bacia e avaliados pelas condições de uso e ocupação do solo e pelo aspecto visual “*in loco*” do corpo d’água, possibilitando entender a sua tendência hídrica na região. Quando possível, foram realizadas entrevistas com os moradores locais, referentes às formas de uso e acesso aos recursos hídricos das áreas visitadas.

O trabalho de mapeamento de nascentes (Anexo nº 04 do Módulo 14 - RTC 04) foi fundamental para se identificar os usos das águas, uma vez que as nascentes e travessias mapeadas na área do complexo minerário e da adutora foram caracterizadas considerando também esse aspecto.

Vale ressaltar que os usos e sua ordem de prioridade foram classificados de acordo com a legislação ambiental vigente, Resolução CONAMA 357/2005, a qual dispõe sobre as águas doces e a suas classes segundo seus usos preponderantes, como segue abaixo:

- Consumo humano: destinado ao abastecimento doméstico com ou sem tratamento convencional;
- Consumo animal: destinado à dessedentação de animais com ou sem tratamento convencional;
- Irrigação: destinado à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- Mineração: destinado aos diversos usos em áreas de mineração, com exceção de consumo humano;
- Geração de energia: corpos d’água barrados destinados à produção de energia elétrica;
- Recreação: destinados à recreação de contato primário (esqui aquático, natação, mergulho) e de contato secundário;
- Demais usos: destinado à proteção de comunidades aquáticas, à prática de aquicultura, navegação, harmonia paisagística, industrial e outros usos não contemplados.

Contudo, sabe-se que cada atividade humana tem seus próprios requisitos de qualidade para consumo de água: o consumo humano apresenta alto padrão de qualidade, o abastecimento industrial e a irrigação necessitam de média qualidade de água e a geração de energia e a navegação podem utilizar água de baixa qualidade.

#### **12.2.1.1 - Introdução**

A história da ocupação da bacia do rio Jequitinhonha tem sido marcada pela presença de atividades ligadas à mineração, pecuária extensiva e agricultura familiar. Mais recentemente foram introduzidas a silvicultura e a cafeicultura. Algumas outras atividades merecem referência: turismo, artesanato, agroindústria, laticínios e produtos relacionados à cultura da cana-de-açúcar.

Em relação ao alto Jequitinhonha, a garimpagem foi a primeira atividade responsável por fixar os colonizadores, por volta de 1690. Atualmente, nas sub-bacias do rio Araçuaí e Itacambiruçu a garimpagem ainda contamina os cursos d'água com metais pesados, aumenta a carga sedimentar e provoca desmatamento de áreas de preservação permanente. As condições de trabalho são precárias e as áreas degradadas simplesmente são abandonadas (Ferreira, 2007).

Em relação à pecuária, esta é a atividade econômica mais importante desenvolvida na bacia do rio Jequitinhonha e está presente em todos os municípios. No Alto Jequitinhonha as lavouras encontram-se restritas aos vales que entremeiam as cristas quartzíticas e as chapadas, em áreas de elevadas restrições pedológicas e inadequada topografia (Ferreira, 2007).

A partir da década de 1970 a silvicultura foi introduzida na região. Apesar dos problemas em relação à baixa disponibilidade hídrica regional, usualmente indicados como resultantes do plantio de eucalipto, vários estudos realizados no Brasil e em todo o mundo demonstram que o consumo dos eucaliptos não difere dos consumos de outras massas florestais. A esse respeito, Calder *et al.* (1992) afirmam que o regime da água no solo e da água subterrânea sob plantações de eucalipto não difere marcadamente daquele observado em plantações de outras espécies florestais. Em relação ao déficit anual da água no solo e à dinâmica da água subterrânea, o eucalipto também não apresentaria especificidades significativas (Ferreira, 2007).

Nesse caso, é importante considerar que na bacia do rio Jequitinhonha as condições climáticas que governam a disponibilidade e o suprimento natural de água são bastante variáveis (Ferreira, 2007).

No Alto Jequitinhonha, a pluviosidade supera o total anual de evapotranspiração na maioria dos meses. Nesse caso, quase sempre há excedente de água, que recarrega o solo e os aquíferos e alimenta a vazão da rede de drenagem. Entretanto, em grande parte do Médio Jequitinhonha o calor é mais elevado, a evapotranspiração é também sempre elevada e o total anual de chuvas é baixo. Assim, a recarga do solo e dos aquíferos tende a ser deficitária. Alguns riachos são efêmeros. Entre esses dois extremos há toda uma variação de condições do balanço hídrico da bacia.

As informações permitem afirmar que a disponibilidade hídrica nas áreas marginais do rio Jequitinhonha e seus afluentes perenes é elevada. Na verdade, os valores apurados informam que toda a bacia tem água disponível para atender às diversas demandas da sociedade por meio dos usos múltiplos (Ferreira, 2007).

A seguir é apresentado o diagnóstico dos usos dos recursos hídricos para a área do complexo minerário e da adutora, subdividido em uso das águas superficiais e em uso das águas subterrâneas.

### **12.2.1.1.1 - Diagnóstico dos usos das águas superficiais**

#### **12.2.1.1.1.1- Complexo Minerário**

A área pretendida para a implantação do complexo minerário do Projeto Vale do Rio Pardo insere-se, conforme já mencionado, na sub-bacia do córrego Lamarão, que integra a sub-bacia do rio Vacaria.

De acordo com Ferreira (2007), o principal uso da sub-bacia do rio Vacaria é a silvicultura, que ocupa praticamente toda a sua área. A vegetação nativa foi substituída pelas florestas plantadas ou foi retirada pela população local para produção de carvão, cultivo de alimentos e para pastagens. Em relação à mineração, há apenas algumas áreas conhecidas em Grão Mogol, junto ao Espinhaço. De acordo com CARMO *et al.* (2011), ocorre ainda o uso restrito à agricultura familiar em pequenas propriedades rurais.

Na área de estudo do complexo minerário, a maior parte da sub-bacia do córrego Lamarão foi alterada pelas atividades silvícolas. Logo a jusante de sua cabeceira verifica-se a presença de um barramento utilizado para apoio à silvicultura, que corresponde à maior intervenção em todo o curso d'água. Salienta-se, contudo, que o entorno das principais nascentes foi preservado, o que contribui para a manutenção do equilíbrio hídrico na área.

Além do consumo indireto para a silvicultura, identificou-se, principalmente em nascentes e tributários menores do córrego Lamarão, o uso das águas para o consumo humano, dessedentação de animais, irrigação de pequenos cultivos e recreação, embora esta se dê de forma esporádica. A água utilizada para a dessedentação animal é retirada diretamente do córrego Lamarão, que em alguns pontos é até cercado entre as propriedades.

O complexo minerário irá se localizar nas seguintes microbacias do córrego Lamarão (Anexo 19):

- ***Microbacia do córrego Mundo Novo;***
- ***Microbacia do córrego do Vale;***
- ***Microbacia do córrego Batalha;***
- ***Microbacia do córrego Capão do Meio;***
- ***Microbacia do córrego Capão da Onça;***
- ***Microbacia do córrego Jiboia***
- ***Microbacia do córrego D'água***

A **microbacia do córrego Mundo Novo** será diretamente afetada pelas estruturas do empreendimento, no caso, barragem de rejeitos, parte da cava, a pilha de material estéril e a área industrial (Anexo 19). O uso das superfícies dessa microbacia foi descaracterizado principalmente pelo cultivo de eucalipto. No seu vale há barramentos destinados ao suprimento de água para utilização em atividades de apoio à prática silvícola.

Há também, especialmente no alto e baixo curso do córrego Mundo Novo, o uso para a dessedentação animal, com pecuária extensiva. Os afluentes dessa microbacia também são utilizados para outros fins, inclusive para o consumo humano e para a irrigação de culturas de subsistência. Porém, esse consumo é pouco expressivo em termos de volume, já que a ocupação na microbacia possui uma densidade muito baixa e a pecuária se dá de forma bastante expressiva.

Dessa forma, o principal uso da água na microbacia do córrego Mundo Novo corresponde à silvicultura, que utiliza a água diretamente por adução para atividades de apoio ao manejo das glebas de eucalipto, situadas nos divisores de águas.

A **microbacia do córrego do Vale** será diretamente afetada com a implantação de uma das barragens e parte da cava do empreendimento (Anexo 19). As cabeceiras do córrego do Vale atualmente apresentam-se parcialmente alteradas em função da ocupação antrópica, representada por parte do povoado do Vale das Cancelas, além de áreas destinadas ao cultivo de eucalipto.

Em relação ao uso da água, observou-se na microbacia o consumo humano, animal e para a irrigação. Quanto ao consumo humano, verificou-se que este é realizado, sobretudo, pela utilização direta das nascentes de tributários e não pela retirada da água do leito principal. Situação semelhante ocorre com o uso para a irrigação das pequenas culturas de subsistência presentes próximas às pequenas propriedades rurais que ocupam o vale. Da mesma forma que o identificado em outros locais da área de estudo, foram identificadas extensas áreas de eucaliptais.

Na **microbacia do córrego Batalha** não há nenhuma estrutura prevista a ser implantada pelo empreendimento (Anexo 19). Essa microbacia apresenta importância fundamental no Vale das Cancelas, uma vez que nela se encontra o açude que ora abastece o povoado.

A **microbacia do córrego Capão do Meio** corresponde à menor área drenada situada dentro do limite do complexo minerário (Anexo 19). O cultivo de eucalipto e a pastagem extensiva são as principais atividades na área. Há uma única estrutura hidráulica presente na área, que é representada por um pequeno açude utilizado para dar apoio à silvicultura.

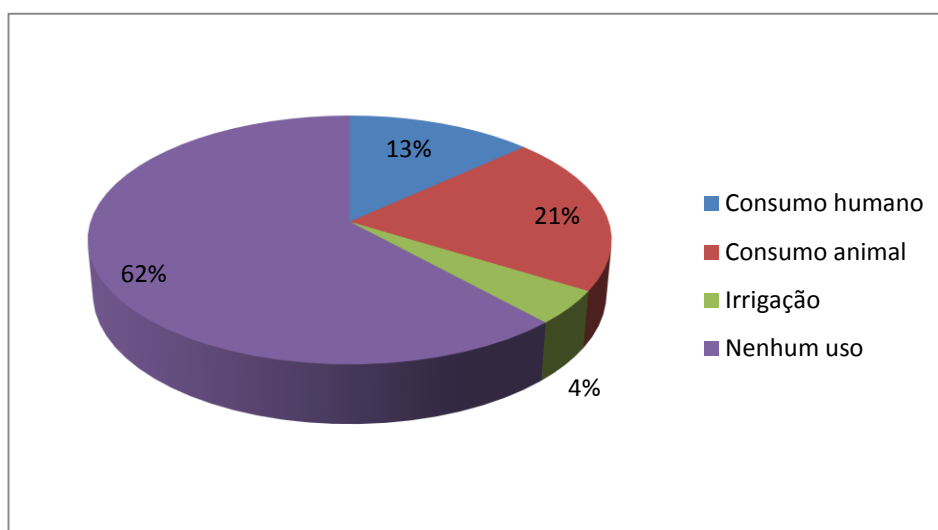
A **microbacia do córrego Capão da Onça** é onde se pretende implantar as instalações administrativas e parte da unidade industrial do empreendimento (Anexo 19). Verificou-se que a principal atividade desenvolvida na microbacia é a silvícola, que faz uso indireto da água para suas atividades de apoio. Outro uso identificado corresponde à dessedentação animal, embora as práticas agropecuárias sejam bastante incipientes, possuindo caráter extensivo. Não foram identificadas residências permanentes propriamente ditas em seus limites e a ocupação antrópica encontra-se representada pelas instalações das atividades silvícolas.

A **microbacia do córrego Jiboia** terá como única possível interferência direta do empreendimento a abertura futura de acessos no divisor da microbacia (Anexo 19). Em relação ao uso da água, constatou-se a presença das atividades de silvicultura, pastagens extensivas e pequenos cultivos. No extremo norte da área investigada, onde está situada a comunidade de São Francisco, verificou-se o consumo humano de um pequeno tributário do córrego Jiboia, cuja água é conduzida para a comunidade através de canos instalados pela Prefeitura Municipal de Grão Mogol.

Na **microbacia do córrego D'água**, onde não haverá intervenções diretas com as estruturas do empreendimento (Anexo 19), predomina o uso da água para a dessedentação animal, sendo que a ocupação humana é incipiente. Nos limites superiores do vale, assim como em toda a região, verifica-se a presença de atividade silvícola.

Em relação aos usos associados às nascentes identificadas na área do complexo minerário, tem-se: do total de 63 nascentes, 62% não apresentaram nenhum tipo de uso (39 nascentes), 21% apresentaram uso animal (13 nascentes), 14% uso humano (09 nascentes) e 4% apresentaram uso para irrigação (02 nascentes) (Figura 12.8).

**FIGURA 12.8 - Porcentagem de nascentes por tipo de uso, localizadas dentro das estruturas do complexo minerário**

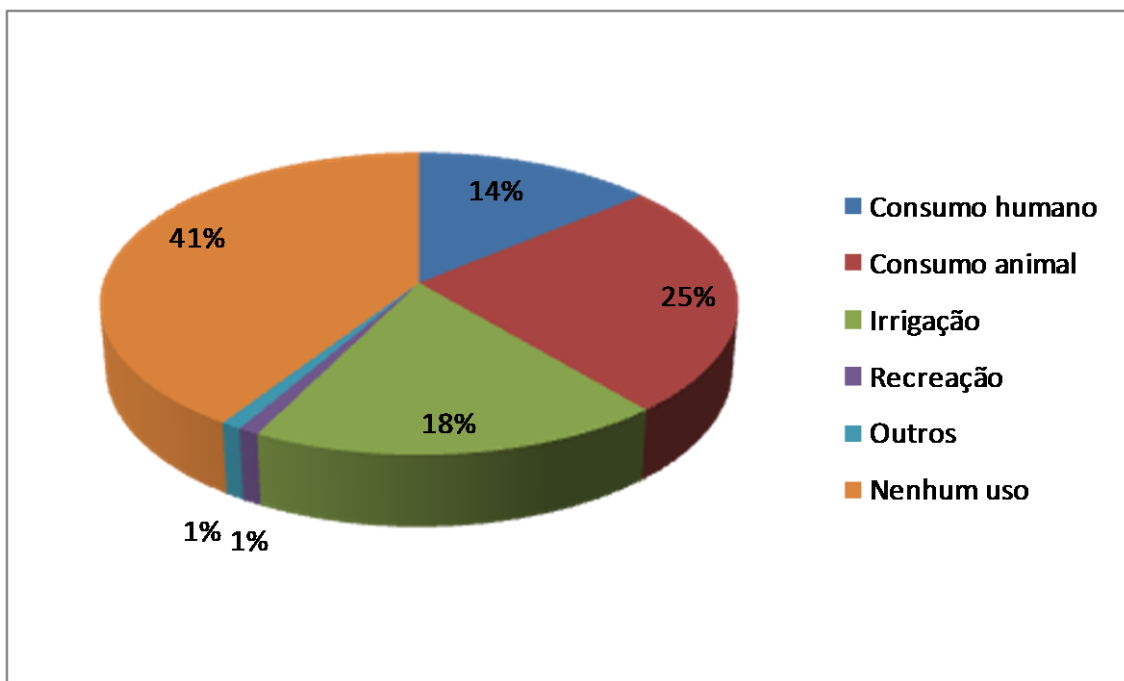




Ressalta-se que, desse total (63 nascentes), a grande maioria está dentro da área da cava, com 37 nascentes (59%), seguidas das áreas alternativas das barragens de água, com 13 nascentes (21%), da área da barragem de rejeito, com 09 nascentes (14%), e da área da pilha de rejeitos, com 03 nascentes (5%). Não foram identificadas nascentes dentro da Unidade Industrial. Ainda, do total de nascentes localizadas dentro da área da cava (37 nascentes), 09 possuem uso humano e 14 possuem uso animal, que são os usos de maior ordem de prioridade.

Também foram mapeadas as nascentes a menos de 50 metros e a mais de 50 metros das estruturas do complexo minerário. Do total de 78 nascentes cadastradas, apenas 04 nascentes foram identificadas a menos de 50 metros das estruturas do complexo minerário, as quais não apresentam nenhum tipo de uso. Para as 74 nascentes localizadas a mais de 50 metros das estruturas do complexo minerário, 41% não apresentaram uso, 25% apresentaram uso animal, 18% apresentaram uso para irrigação e 14% são fonte de uso humano (Figura 12.9).

**FIGURA 12.9 - Porcentagem de nascentes por tipo de uso, localizadas a mais de 50 metros das estruturas do complexo minerário**



Considerando as duas campanhas de campo foram cadastradas 138 nascentes, sendo 43% (60 nascentes) dentro da ADA, a maioria dentro da área da cava (34 nascentes). Ainda, do total de nascentes dentro das estruturas do complexo minerário, 09 possuem uso humano e 14 possuem uso animal. Todas as nascentes localizadas dentro da ADA merecem destaque, haja visto que, com a execução das obras para a implantação e operação do empreendimento, tais nascentes poderão ser suprimidas ou afetadas e, dessa forma, deverão ser adotadas medidas mitigadoras e compensatórias.

### 12.2.1.1.1.2 - Adutora

A área de estudo da adutora está localizada no alto e médio curso da bacia do rio Jequitinhonha, abrangendo as seguintes sub-bacias principais (Anexo 21):

- **Sub-bacias do ribeirão Santana e ribeirão Piabanha**, que faz parte do contexto regional dos pequenos afluentes do médio Jequitinhonha;
- **Sub-bacia do córrego Buriti**, inserida na sub-bacia do rio Itacambiruçu;
- **Sub-bacia do córrego Curral da Vara**, inserida no médio curso da sub-bacia do Vacaria;
- **Sub-bacia do córrego Ventania**, inserida na sub-bacia do rio Itacambiruçu;
- **Sub-bacia do córrego Lamarão**, inserida na sub-bacia do rio do Vacaria.

Para a descrição ora apresentada, considerou-se como marco zero o ponto de captação no lago de Irapé, inserido na bacia do rio Jequitinhonha, cujo represamento do leito principal, logo a jusante da confluência com o rio Itacambiruçu, formou o espelho d'água. A sub-bacia do Itacambiruçu é ocupada principalmente por atividades agrícolas, pecuárias e áreas de reflorestamento, sendo estas mais expressivas na microbacia do ribeirão Extrema, onde se observa o uso intenso do solo para a prática da silvicultura.

As **sub-bacias do ribeirão Santana e do ribeirão Piabanha** constituem uma mesma unidade, abrangendo ainda a parte diretamente drenada pelo rio Jequitinhonha (Anexo 21). Nas proximidades da estrada de acesso à cidade de Josenópolis, espaço que marca o divisor de águas local entre a sub-bacia do ribeirão Santana e a do ribeirão Piabanha, o eixo projetado passará sobre áreas onde o uso é marcado pela presença de extensos eucaliptais.

A **sub-bacia do córrego Buriti** drena, em sua cabeceira, uma parte da área de estudo da adutora (Anexo 21). Próximo ao ponto a ser interceptado pela adutora verificou-se a presença de um açude utilizado para as atividades de apoio da fazenda da empresa RIMA, cujas atividades são voltadas à silvicultura. Interessante destacar a presença da atividade de silvicultura na porção superior dessa sub-bacia, uma vez que é no entorno dessas áreas que ocorrem algumas das nascentes identificadas na região.

A sub-bacia do córrego Curral da Vara está localizada próxima ao trecho final do traçado da adutora (Anexo 21). Na região, os principais usos da água estão representados pelas atividades associadas à silvicultura e à dessedentação animal. Também foi identificado o consumo humano na área da Fazenda Cancela, onde há um açude que eventualmente é utilizado para o abastecimento público complementar do povoado do Vale das Cancelas, principal ocupação situada próximo aos limites da área de estudo da adutora.

A sub-bacia do córrego Ventania abrange também o trecho final do traçado da adutora (Anexo 21). Além do uso indireto da água para as atividades silvícolas verificou-se o uso para a dessedentação animal, que se dá de forma muito esparsa, já que os rebanhos na região são restritos a poucas cabeças.

Conforme já mencionado na descrição local das drenagens do complexo minerário, o córrego Lamarão é onde serão instaladas as barragens de água, estruturas projetadas para manter o suprimento de água da operação do empreendimento. Quanto ao uso da água de sua microbacia, destaca-se o uso para o consumo humano, como é o caso do açude para abastecimento público situado no córrego Batalha, o uso indireto para a atividade de silvicultura, o uso para a irrigação de pequenas culturas e para a dessedentação animal.

Em relação às nascentes e travessias mapeadas ao longo da área de estudo do traçado da adutora foram identificadas três nascentes, sendo que uma já está localizada dentro da área de estudo do complexo minerário e, portanto, também foi descrita no relatório de nascentes do Bloco 08. Em termos de consumo, as três nascentes possuem consumo animal e duas possuem uso para irrigação. Vale ressaltar que apenas uma nascente apresenta consumo humano.

Em relação aos usos da água a jusante das travessias, foram identificados 13 pontos de uso da água (Anexo nº 04 do Módulo 14 - RTC 04). Desses, 11 possuem consumo animal, um possui uso para irrigação e um apresenta uso para geração de energia (Quadro 12.1).

#### **QUADRO 12.1 - Resumo dos resultados do cadastramento de usos de águas a jusante das travessias**

<b>Tipo de uso preponderante mapeado</b>	
<b>Uso / Consumo</b>	<b>Quantidade</b>
Consumo humano	0
Dessedentação animal	11
Irrigação	1
Mineração	0
Geração de energia	1
Recreação	0
Outros usos diversos	0
Nenhum	0
<b>Total</b>	<b>13</b>

### 12.2.1.1.1.3 - Disponibilidade e Demanda Hídrica na área do complexo minerário e adutora

No Atlas Digital das Águas de Minas, o balanço hídrico entre a demanda e a disponibilidade hídrica superficial nas regiões hidrográficas mineiras foi realizado com base em um índice determinado pela razão entre a vazão de retirada para usos consultivos (vazão outorgada) e a vazão média de longo período (vazão mlp). A vazão outorgada foi extraída do cadastro de usuários outorgados, disponibilizados nos sites do IGAM ([www.igam.mg.gov.br](http://www.igam.mg.gov.br)) (para os rios estaduais) e da ANA ([www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)) (para os rios federais), enquanto a vazão média de longo período foi obtida nos estudos de regionalização hidrológica realizados no âmbito do programa HIDROTEC ([www.hidrotec.ufv.br](http://www.hidrotec.ufv.br)). O Quadro 12.2 abaixo mostra as faixas de classificação desse índice.

#### QUADRO 12.2 - Faixas de classificação do balanço entre demanda (Q outorgada) e disponibilidade (Q mlp)

< 5%	Excelente	Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária. A água é considerada um bem livre.
5 a 10%	Confortável	A situação é confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento.
10 a 20 %	Preocupante	A atividade é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios.
20 a 40%	Crítica	A situação é crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos.
40%	Muito Crítica	A situação é muito crítica.

Fonte: Atlas Digital de Minas.

Com base no Atlas Digital Águas de Minas (2005) foi identificado, na área de estudo, o balanço entre demanda e disponibilidade para os rios Vacaria, Ventania, Itacambirucu e ribeirão Extrema, os quais são apresentados no quadro 12.3 abaixo:

### QUADRO 12.3 - Classificação do balanço entre demanda (Q outorgada) e disponibilidade (Q mlp) de cursos d'água na área de estudo

	Rio Vacaria	Rio Ventania	Ribeirão Extrema	Rio Itacambiruçu
UPGRH	JQ1	JQ1	JQ1	JQ1
Área	3077,45	678,50	832,80	5148,71
Q mlp	38,26	7,44	9,14	56,48
Outorgas	0,01	0,01	0,00	0,04
Relação Outorgas	0,02	0,10	0,00	0,07
Classificação	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

**Legenda:** UPGRH - Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos; JQ1 - Alto Jequitinhonha; Q outorgada - demanda; Q mlp - disponibilidade.

De acordo com esses dados, a razão entre a demanda e a disponibilidade hídrica é excelente para os rios apontados acima, o que denota que nessas áreas a água é considerada um bem livre. Pode-se dizer que atualmente não há conflitos pelo uso da d'água, condição que deve se manter mesmo após a implantação do Projeto Vale do Rio Pardo.

Ferreira & Saadi (2011) propuseram avaliar a possibilidade de aplicação da abordagem da paisagem à avaliação, planejamento e gestão dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas, servindo também como referência para a regionalização da disponibilidade e demanda hídrica na bacia. Para tanto, a bacia do Jequitinhonha foi utilizada como objeto de estudo. Dentro desse contexto, as sub-bacias do Vacaria e do Itacambiruçu foram avaliadas como uma mesma unidade de paisagem, devido às semelhanças entre suas aptidões ecológicas, as características fisiográficas e os graus e nuances da humanização.

Ferreira & Saadi (2011) avaliaram ainda que a unidade das sub-bacias Vacaria e Itacambiruçu apresenta uma vazão média de longo termo de 14,7 m<sup>3</sup>/s e uma demanda média de 0,0537 m<sup>3</sup>/s, apresentando, portanto, uma relação entre disponibilidade e demanda de 0,4%, sendo possível afirmar que a disponibilidade hídrica é relativamente elevada.

Ainda segundo os autores, a vazão mínima no reservatório da UHE Irapé é de 151,5 m<sup>3</sup>/s, o que significa dizer que há pelo menos 13 bilhões de litros de água por dia disponíveis na seção jusante da barragem. Considerando que a legislação estadual autoriza a outorga de 30% da média das mínimas de 7 (sete) dias consecutivos em 10 (dez) anos de recorrência (Q7,10), admite-se que há, portanto, cerca de 3,9 bilhões diários de litros outorgáveis. Adotando um consumo médio por habitante de 300 litros/dia, valor muito superior ao convencionalmente adotado (200 litros/habitante/dia em grandes cidades), conclui-se que é possível atender a uma população urbana de cerca de 13 milhões de habitantes com a água disponível naquele segmento do rio Jequitinhonha. Dessa forma, também se pode afirmar que a disponibilidade hídrica é relativamente elevada.

Contudo, é importante ressaltar que o fato de haver oferta de água muito superior à demanda não significa que todos os espaços da bacia disponham da água de forma abundante, havendo variações ao longo do ano e uma distribuição desigual no espaço, tanto devido aos fatores climáticos como também socioeconômicos. Além disso, observa-se na área de estudo uma redução das áreas disponíveis para a agricultura camponesa, devido ao avanço principalmente da silvicultura, cafeicultura ou bovinocultura e das dificuldades relacionadas ao próprio manejo do solo e da prática de uso dos recursos.

Cabe ressaltar que a climatologia da região mostra grande variação interanual na área, com um intenso período seco entre os meses de abril e setembro. Devido a esta queda significativa de precipitação e aos altos índices de evaporação, o sistema trabalha com déficit hídrico na maior parte do ano, durando cerca de oito meses sucessivos (Figura 4.7).

Dessa forma, pode-se concluir que as sub-bacias da área de estudo possuem água disponível para atender aos usos múltiplos, tanto atuais como em longo prazo, mas ressalva-se que o uso racional e o gerenciamento dos recursos hídricos são cruciais para se evitar problemas futuros de abastecimento.

#### **12.2.1.1.2 - Diagnóstico dos usos das águas subterrâneas**

O diagnóstico dos usos das águas subterrâneas foi feito com base no Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea da CPRM (2005), que contempla o cadastramento das fontes de abastecimento por água subterrânea (poço tubular, poço escavado e fonte natural), com obtenção de todas as informações passíveis de serem coletadas através de uma visita técnica (caracterização do poço, instalações, situação da captação, dados operacionais, qualidade da água, uso da água e aspectos ambientais, geológicos e hidrológicos).

Esse cadastramento é direcionado para o semiárido do Nordeste, que engloba os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, e o norte de Minas Gerais e do Espírito Santo. Os diagnósticos foram elaborados para cada município que faz parte do projeto. Abaixo serão caracterizados os poços subterrâneos existentes nos municípios de Grão Mongol, Padre Carvalho e Josenópolis, considerando os usos identificados.

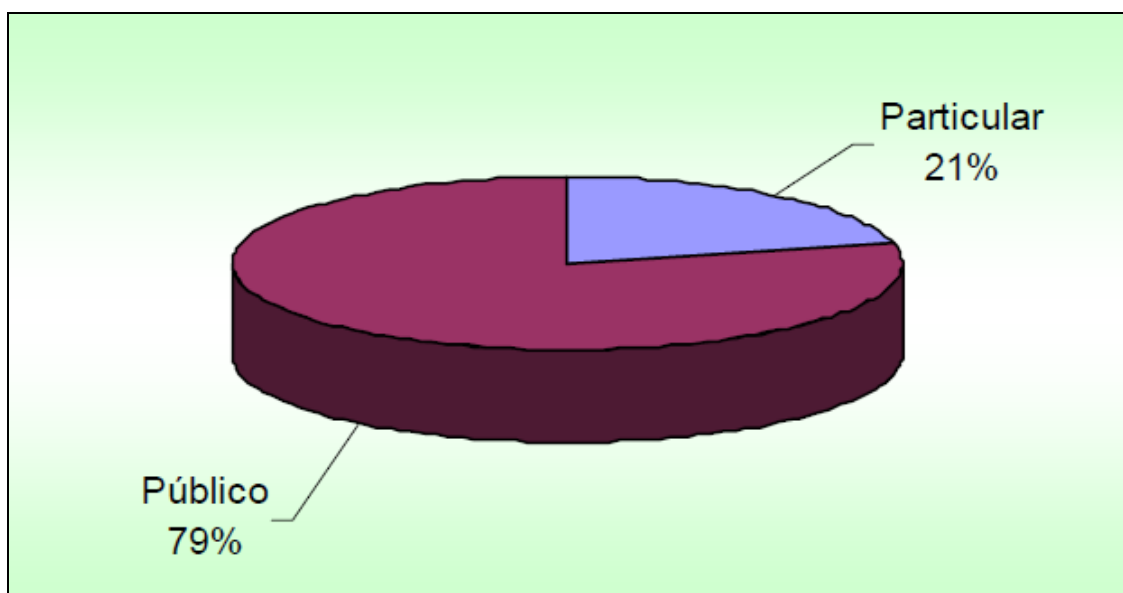
Salienta-se que na área de estudo do complexo minerário e da adutora não foram identificados usos das águas subterrâneas, com exceção no povoado do Vale das Cancelas, onde, de acordo com o cadastro de poços subterrâneos (CPRM, 2005), existem dois poços cadastrados. Contudo, em campo foi identificado apenas um poço de captação de água subterrânea, que abastecia o povoado, porém o mesmo estava desativado.

### 12.2.1.1.3 - Diagnóstico dos Pontos de Poços Subterrâneos Cadastrados

#### *Município de Grão Mogol*

De acordo com a CPRM (2005), no município de Grão Mogol existem 98 poços tubulares profundos, sendo 77 públicos e 21 particulares (Figura 12.10), sendo que dois poços cadastrados (CF868 e CF867) encontram-se na cabeceira do córrego do Vale, no Povoado Vale das Cancelas.

**FIGURA 12.10 - Natureza da propriedade dos terrenos onde existem poços tubulares no município de Grão Mogol**



Fonte: CPRM, 2005

Foram identificados poços em operação, poços paralisados, poços não instalados e poços abandonados. O quadro 12.4 abaixo mostra a situação dos poços encontrados.

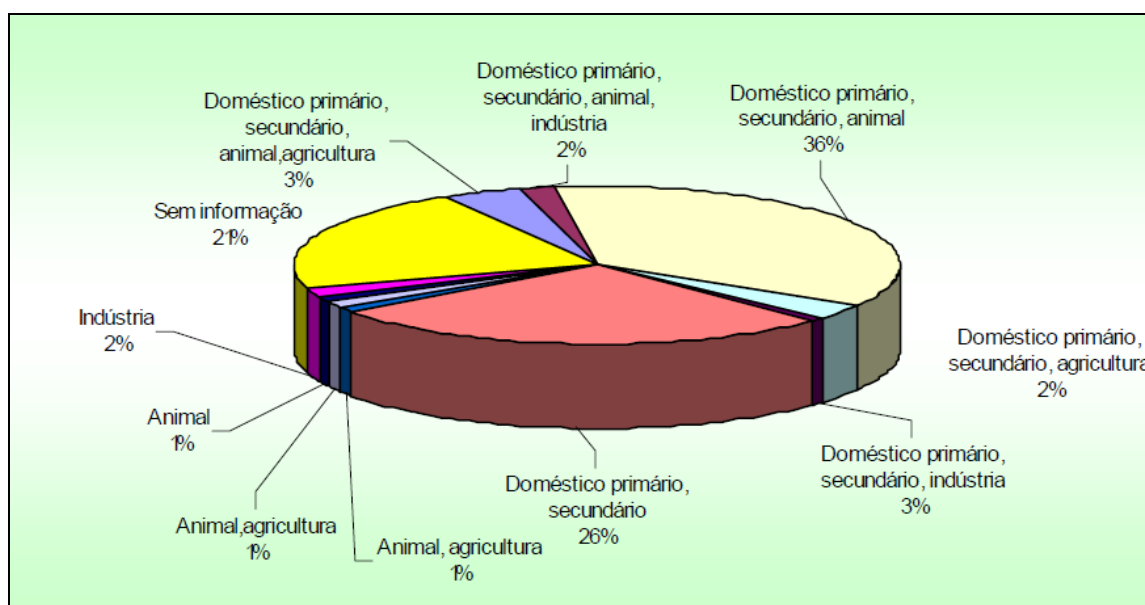
**QUADRO 12.4 - Situação dos Poços Cadastrados**

Poços Tubulares				
Natureza do Poço	Abandonado	Em Operação	Não instalado	Paralisado
Público	5	54	7	11
Privado	1	15	3	2

Fonte: CPRM, 2005.

Vários são os usos das águas dos poços tubulares em Grão Mogol, sendo 27 destinados ao uso doméstico primário e secundário (água de consumo humano para beber e uso geral), 35 ao uso doméstico primário, secundário e suprimento animal, um ao uso doméstico primário, secundário e industrial, quatro ao uso doméstico primário, secundário, suprimento animal e à agricultura, dois ao uso doméstico primário, secundário, suprimento animal e industrial, três ao uso doméstico primário, secundário e agricultura, um ao uso animal e à agricultura, um ao uso animal, dois ao uso na indústria e um ao uso doméstico primário e indústria, enquanto que 21 poços não dispõem de informação de uso. A figura 12.11 abaixo mostra a proporção dos usos encontrados.

**FIGURA 12.11 - Uso da água dos poços tubulares em Grão Mogol**



Fonte: CPRM, 2005

O diagnóstico elaborado pela CPRM (2005) também teve como objetivo quantificar de forma referencial a produção de água subterrânea e verificar o aumento da oferta de água a partir das unidades de captação existentes não utilizadas (desativadas e não instaladas). Para tanto, foi utilizado como referência o valor da mediana (6,60 m<sup>3</sup>/h), resultado de uma análise estatística simplificada de valores de vazão dos 69 (poços tubulares ativos no município). O quadro 12.5 abaixo mostra a estimativa da disponibilidade atual e as estimativas de expansão.



### QUADRO 12.5 - Estimativa da disponibilidade instalada atual e potencial.

Poços Tubulares	Estimativa da Disponibilidade Atual			Estimativa da Expansão			
	Poços Ativos	Qm (m <sup>3</sup> /h)	Qm total (m <sup>3</sup> /h)	Poços Desativados e Tamponados	Qm (m <sup>3</sup> /h)	Qm total (m <sup>3</sup> /h)	Aumento da Disponibilidade (%)
Setor Público	54	6,6	356,4	18	6,6	118,8	26,08%
Setor Privado	15	6,6	99	5	6,6	33	7,25%
Total	69		455,4	23		151,8	33,33%

Fonte: CPRM, 2005

O quadro acima mostra que há uma produção atual da ordem de 455,40 m<sup>3</sup>/h de água para todo o município de Grão Mogol. Caso seja implantada uma política de recuperação e/ou instalação dos poços que atualmente não estão em uso, estima-se que seria possível atingir um aumento da ordem de 33,33% (151,80 m<sup>3</sup>/h) em relação à atual oferta de água subterrânea, o que aumentaria a oferta de água na região.

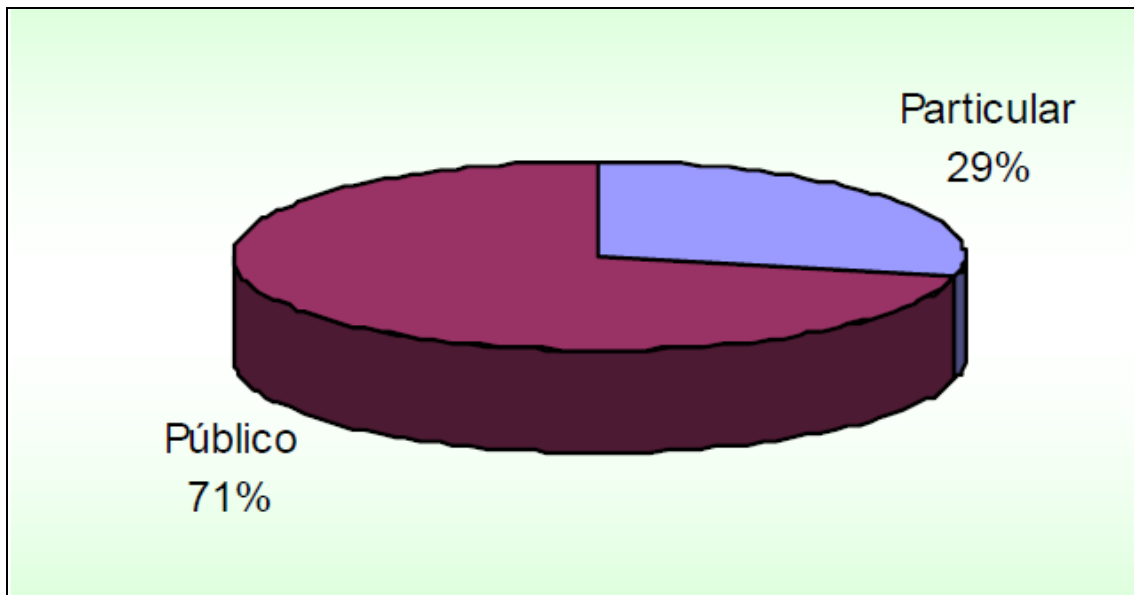
Dessa forma, pode-se dizer que o município de Grão Mogol tende a não apresentar um cenário futuro com conflitos por água, tendo em vista que os poços tubulares desativados são capazes de suprimir mais 30% além da atual disponibilidade dos poços ativos.

No entanto, observa-se que no município Grão Mogol, próximo ao Vale das Cancelas, está ocorrendo um aumento de vias de acesso e empresas de mineração atuando na área, provocando um aumento, porém pouco significativo, da demanda pelo uso humano. Assim, a tendência futura é que haja uma maior demanda sobre os recursos hídricos na região, havendo necessidade de uma gestão pública para que os múltiplos usos sejam atendidos de forma segura e sustentável.

#### **Município de Padre Carvalho**

O levantamento realizado no município de Padre Carvalho registrou a presença de 14 poços tubulares profundos, sendo 10 localizados em terrenos públicos e quatro em áreas particulares (figura 12.12), além de duas fontes naturais.

**FIGURA 12.12 - Natureza da propriedade dos terrenos onde existem poços tubulares nos municípios de Padre Carvalho**



Fonte: CPRM, 2005

De acordo com CPRM (2005) em Padre Carvalho foram identificados poços em operação, poços paralisados, poços não instalados e poços abandonados. O quadro 12.6 abaixo mostra a situação dos poços encontrados.

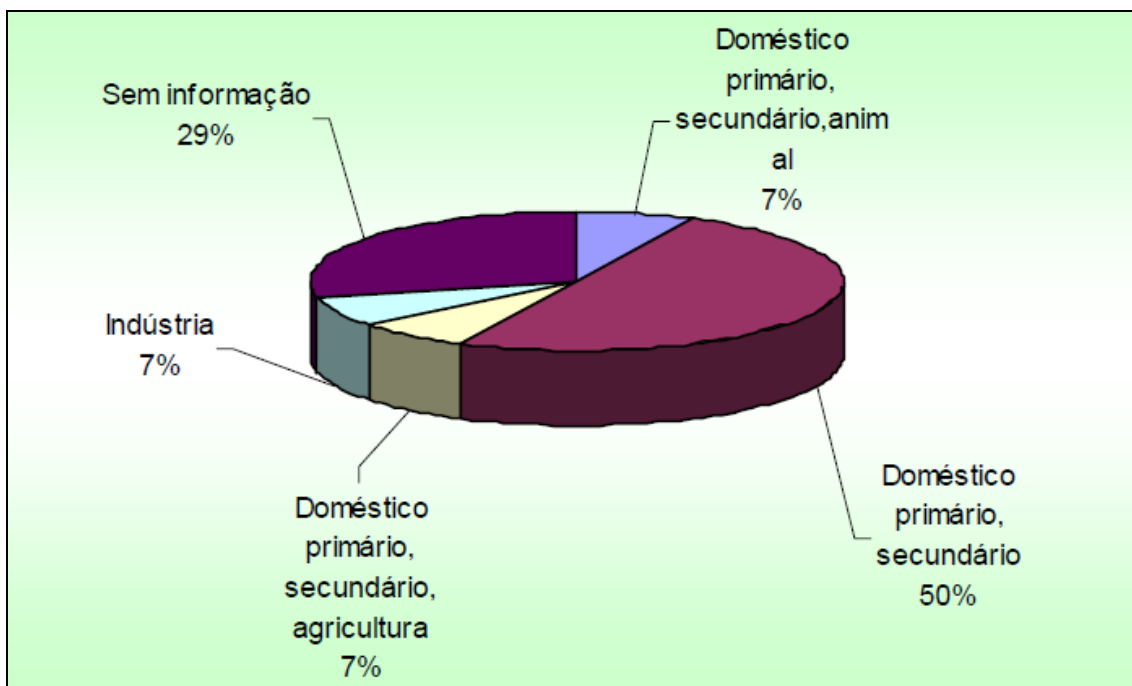
**QUADRO 12.6 - Situação dos Poços Cadastrados**

Poços Tubulares				
Natureza do Poço	Abandonado	Em Operação	Não instalado	Paralisado
Público	1	7	2	
Privado			3	1

Fonte: CPRM, 2005.

Em relação ao uso da água dos poços, sete destinam-se ao uso doméstico primário e secundário (água de consumo humano para beber e uso geral), um ao uso doméstico primário, secundário e suprimento animal, um ao uso industrial, um ao uso doméstico primário, secundário, suprimento animal e agricultura, e para quatro não foram obtidas informações. Em relação ao uso da água das fontes, as duas destinam-se ao uso doméstico primário e secundário (Figura 12.13).

**FIGURA 12.13 - Uso da água dos poços tubulares em Padre Carvalho**



Fonte: CPRM, 2005

O diagnóstico elaborado pela CPRM (2005) também teve como objetivo quantificar de forma referencial a produção de água subterrânea e verificar o aumento da oferta de água a partir das unidades de captação existentes não utilizadas (desativadas e não instaladas). Para tanto, foi utilizado como referência o valor da mediana (11,75 m<sup>3</sup>/h), resultado de uma análise estatística simplificada de valores de vazão dos sete poços tubulares ativos no município. O quadro 12.7 abaixo mostra a estimativa da disponibilidade atual e de expansão.

**QUADRO 12.7 - Estimativa da disponibilidade instalada atual e potencial.**

Poços Tubulares	Estimativa da Disponibilidade Atual			Estimativa da Expansão			
	Poços Ativos	Qm (m <sup>3</sup> /h)	Qm total (m <sup>3</sup> /h)	Poços Desativados e Tamponados	Qm (m <sup>3</sup> /h)	Qm total (m <sup>3</sup> /h)	Aumento da Disponibilidade (%)
Setor Público	7	11,25	82,25	2	11,75	23,50	28,57
Setor Privado	-	-	-	3	11,75	35,25	42,86
Total	7		82,25	5	-	58,75	71,43

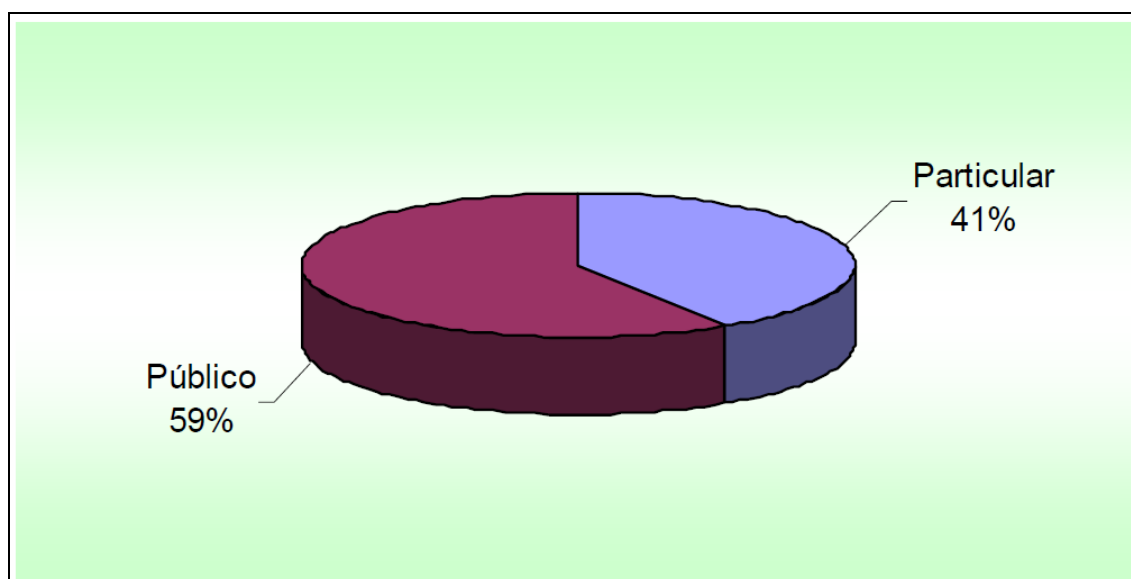
Fonte: CPRM, 2005

O quadro 12.7 mostra que, considerando-se os dados dos sete poços tubulares em uso, pode-se inferir uma produção atual da ordem de 82,25m<sup>3</sup>/h de água para todo o município de Padre Carvalho. Caso seja implantada uma política de recuperação e/ou instalação dos poços que atualmente não estão em uso, estima-se que seria possível atingir um aumento da ordem de 71,43% (58,75m<sup>3</sup>/h) em relação à atual oferta de água subterrânea. Deve-se salientar que no município o uso da água superficial tem um papel importante como suporte à água subterrânea, principalmente no período chuvoso, quando a maioria das drenagens dispõe de água.

### **Município de Josenópolis**

Em Josenópolis, o levantamento realizado registrou a presença de dezessete poços tubulares profundos, sendo dez públicos e sete particulares (Figura 12.14).

**FIGURA 12.14 - Natureza da propriedade dos terrenos onde existem poços tubulares nos municípios de Josenópolis**



Fonte: CPRM, 2005

Quatro situações distintas foram: poços em operação, poços abandonados, poços paralisados e poços não instalados, CPRM (2005) (Quadro 12.8).

**QUADRO 12.8 - Situação dos Poços Cadastrados**

Poços Tubulares				
Natureza do Poço	Abandonado	Em Operação	Paralisado	Não instalado
Público	1	8	1	-
Privado	1	4	1	1

Fonte: CPRM, 2005

Em relação ao uso das águas dos poços, sete destinam-se ao uso doméstico primário e secundário (água de consumo humano para beber e uso geral) e nove ao uso doméstico primário, secundário e suprimento animal, enquanto que para um não se obteve informação de uso. A figura 12.15 abaixo mostra a porcentagem dos usos identificados (Figura 12.15).

**FIGURA 12.15 - Uso da água dos poços tubulares em Josenópolis**



Fonte: CPRM, 2005

O diagnóstico elaborado pela CPRM (2005) quantificou de forma referencial a produção de água subterrânea e verificou o aumento da oferta de água a partir das unidades de captação existentes não utilizadas (desativadas e não instaladas). Para tanto, foi utilizado como referência o valor da mediana (3,20 m<sup>3</sup>/h), resultado de uma análise estatística simplificada de valores de vazão informadas de nove poços no município. O quadro 12.9 a seguir mostra a estimativa da disponibilidade atual e possibilidade de expansão.

### QUADRO 12.9 - Estimativa da disponibilidade instalada atual e potencial.

Poços Tubulares	Estimativa da Disponibilidade Atual			Estimativa da Expansão			
	Poços Ativos	Qm (m <sup>3</sup> /h)	Qm total (m <sup>3</sup> /h)	Poços Desativados e Tamponados	Qm (m <sup>3</sup> /h)	Qm total (m <sup>3</sup> /h)	Aumento da Disponibilidade (%)
Setor Público	8	3,2	25,6	1	3,2	3,2	8,29
Setor Privado	4	3,2	12,8	2	3,2	6,4	16,58
Total	12		38,6	3		9,6	24,87

Fonte: CPRM, 2005

Com base no quadro 12.9, considerando-se os doze poços tubulares atualmente em uso, pode-se inferir uma produção atual da ordem de 38,60 m<sup>3</sup>/h de água para todo o município de Josenópolis. Caso seja implantada uma política de recuperação e/ou reativação dos poços que atualmente não estão em uso, estima-se que seria possível atingir um aumento da ordem de 24,87% (9,60 m<sup>3</sup>/h), em relação à atual oferta de água subterrânea.

Dessa forma, pode-se concluir que o município de Josenópolis tende a não apresentar um cenário futuro com conflitos por água, tendo em vista que os poços tubulares desativados são capazes de suprimir mais de 20% além da atual disponibilidade dos poços ativos.

### 12.3 - Mapeamento de nascentes, travessias e usos.

O diagnóstico referente ao Mapeamento de nascentes, travessias e usos da Área de Estudo do Complexo Minerário e Adutora, do Projeto Vale do Rio Pardo, é apresentado no Módulo 14 do presente EIA (Anexo nº 04 do Módulo 14 - RTC 04).

### 12.4 - Estudo fluviométrico e pluviométrico

O diagnóstico referente ao Estudo Fluviométrico e Pluviométrico da Área de Estudo do Complexo Minerário e Adutora, do Projeto Vale do Rio Pardo, é apresentado no Módulo 14 - RTC 06.

## **12.5 - Áreas de possível assoreamento dos cursos hídricos e de ocorrência de alagamentos**

O assoreamento é um processo acelerado de deposição de sedimentos em áreas rebaixadas. O processo deposicional é um fator natural, mas sua aceleração é em geral decorrente de atividades antrópicas que modificam o uso e a ocupação do solo de uma bacia hidrográfica. Atividades como desmatamento, pecuária, agricultura, mineração e urbanização podem alterar a dinâmica erosiva e fluvial de uma bacia hidrográfica, produzindo sedimentos inconsolidados que tendem a ser carreados e depositados em cursos d'água, com possibilidade de provocar seu assoreamento e a ocorrência de enchentes e inundações na bacia, que são fenômenos que ocorrem quando o volume de água que atinge simultaneamente o leito de um rio é superior à capacidade de drenagem de sua calha normal.

Sendo assim, o processo de assoreamento é uma consequência direta da erosão, principalmente aquela de origem pluvial. Em períodos chuvosos, se os terrenos a montante dos canais fluviais não estiverem preservados e/ou bem controlados, os fluxos superficiais irão carrear um grande volume de sedimentos em direção aos cursos d'água que, por sua vez, se não tiverem capacidade de transporte para tal volume, serão depositados e sedimentados, podendo provocar assoreamentos. Nessas áreas, a ocorrência de enchentes e inundações pode ser potencializada em função do entupimento da calha fluvial pela deposição de sedimentos no canal do rio.

### **12.5.1 - Metodologia**

O mapeamento das áreas de possível assoreamento dos cursos d'água nas áreas de estudo do complexo minerário e da adutora pautou-se nas seguintes análises de campo: identificação dos pontos de travessias de cursos d'água (adutora), observação do aspecto físico das principais drenagens e mapeamento das áreas degradadas junto aos cursos d'água. Foram utilizadas as informações disponíveis de topografia e três tipos de imagens (Geoeye, Worldview-II e Ikonos) de alta resolução (de 0,5 m a 1 m) na escala de 1:5.000, que auxiliaram na identificação de áreas de assoreamento e alagamento para a posterior checagem em campo.

### **12.5.2 - Identificação das áreas de possível assoreamento dos cursos hídricos e de ocorrência de alagamentos**

As áreas mapeadas configuram locais de agradação fluvial, onde a baixa declividade desfavorece o escoamento das águas de chuva e a competência dos cursos d'água, potencializando a ocorrência de assoreamentos e inundações. Destaca-se que os sedimentos que alcançam as áreas de agradação, transportados pela ação das águas pluviais e fluviais, são originários da área de drenagem contribuinte, ou seja, das drenagens que estão a montante das áreas de agradação.

Além disso, essas áreas, quando associadas à ausência de mata ciliar e à degradação do entorno, configuram pontos onde a vulnerabilidade de tais ocorrências é maior, refletindo indiretamente em fatores ambientais e de uso e ocupação. As áreas que apresentaram potencial de ocorrência de assoreamento dos cursos d'água e de alagamentos mais significativos na área do complexo minerário e da adutora encontram-se representadas, respectivamente, nos Anexos 22 (Mapa com Possíveis Áreas de Ocorrência de Assoreamento e Alagamento - Complexo Minerário) e 23 (Mapa com Possíveis Áreas de Ocorrência de Assoreamento e Alagamento - Adutora).

### **12.5.3 - Descrição das áreas de possível assoreamento dos cursos hídricos e de ocorrência de alagamentos**

#### **12.5.3.1 - Complexo Minerário**

Na área de estudo do complexo minerário, as drenagens apresentam-se geralmente encaixadas, condicionadas por falhas e fraturas, o que reduz a possibilidade de ocorrência de áreas de assoreamento e de alagamento. Contudo, foram identificados na sub-bacia do rio Lamarão, onde se encontra a área de estudo do empreendimento, alguns pontos de assoreamento, devido principalmente à maior interferência do uso do solo nos platôs para a prática silvícola, que aumentam a velocidade do fluxo superficial com o consequente carreamento de sedimentos dos topos das vertentes para os vales, causando o assoreamento dos mesmos. Além disso, os topos dos platôs apresentam solos argilosos, que dificultam a infiltração da água pluvial e favorecem o escoamento superficial.

Ainda foram identificadas algumas áreas de possível ocorrência de alagamentos, associadas aos eventos de chuvas torrenciais, que aumentam de sobremaneira o volume e a velocidade do escoamento d'água em um curto intervalo de tempo. Essas águas extravasam o leito do rio, inundando suas margens. Ressalta-se, entretanto, que as áreas inundadas pelo escoamento superficial não chegam a atingir grandes proporções, visto que o encaixamento e a dissecação da rede de drenagem não favorecem os processos de migração lateral dos canais.

O córrego Lamarão, logo a jusante de sua cabeceira, apresenta um barramento construído para dar apoio às atividades silvícolas. Essa interferência, que poderia vir a configurar-se como uma área de produção de focos de assoreamento a montante do barramento, não apresentou, durante a realização dos trabalhos de campo, pontos expressivos de assoreamento.

Na microbacia do córrego do Vale destacam-se áreas com possibilidade de assoreamento e alagamento devido às condições topográficas mais suaves em determinado trecho do fundo do vale e à ocupação antrópica por parte do povoado do Vale das Cancelas, além da existência de extensas áreas destinadas ao cultivo de eucalipto. A proximidade dessas áreas com o curso d'água e a retirada da vegetação nativa às margens do canal contribuíram para o aumento de sedimentos na calha do canal, provocando focos de assoreamento. Ressalta-se, contudo, que a cobertura vegetal na microbacia apresenta bom estado de conservação em pontos a montante do referido trecho, tratando-se de uma área com potencial ocorrência de assoreamento, mas com pouca probabilidade de ocorrência de alagamento.



Na microbacia do córrego Batalha foram identificados alguns pontos de possível ocorrência de assoreamento e alagamento, causados principalmente pela abertura de vias e acessos.

A norte/nordeste do complexo minerário, a densidade de drenagens é mais proeminente e o condicionamento estrutural de seus canais é ainda marcante. Na confluência do córrego Mundo Novo com o Lamarão, a possibilidade de ocorrer assoreamento e alagamento é alta, pois os cursos d'água apresentam-se com um maior equilíbrio dinâmico em relação ao nível de base local, formando áreas de planícies mais expressivas. Os sedimentos provenientes das partes mais elevadas das microbacias são transportados e depositados nessa área, sedimentando o talvegue e fazendo com que as águas extravasem do leito, propiciando a ocorrência de inundações e assoreamentos (Anexo 22). As atividades agropecuárias e a presença de solos argilosos nas vertentes e nos topos do vale são fatores observados que contribuem ainda mais para tais ocorrências, já que dificultam a infiltração de água no solo.

Há ainda alguns pontos relacionados à presença de pequenos barramentos na área de estudo, como nas cabeceiras dos córregos Lamarão e Mundo Novo, por exemplo, que contribuem para a acumulação pontual de sedimentos. Ressalta-se que a maioria desses barramentos já se encontra assoreada.

#### **12.5.3.2 - Adutora**

O traçado da adutora percorre extensos trechos inseridos nos interflúvios, caracterizados por relevo plano que configura extensas chapadas cortadas por uma rede de drenagem bem espaçada. As drenagens apresentam-se geralmente encaixadas, condicionadas por falhas e fraturas, o que reduz a possibilidade de ocorrência de áreas de assoreamento e de alagamento. Nos principais cursos hídricos que serão transpostos pelo traçado da Adutora foram mapeadas áreas de possíveis assoreamentos e enchentes, mas que são muito pequenas e pouco expressivas. Estas áreas coincidem com os locais onde a declividade é mais suave, que contribui para a deposição de sedimentos.

Conforme pode ser visto no mapa do Anexo 23, os seguintes corpos hídricos apresentam possíveis áreas de assoreamento e inundações: córrego Batalha, córrego do Vale, córrego do Buriti, pequeno afluente do córrego Buritizinho, córrego Pinteira, córrego Mumbuca, córrego Manuel Francisco, córrego Moquém, ribeirão Santana e córrego Paulista.

No município de Grão Mogol, na área do pequeno vale do córrego Buritizinho e próximo à alta vertente do vale de um dos afluentes da margem direita desse córrego, observa-se áreas de possível assoreamento e alagamento. Nota-se que a declividade nesse trecho é bastante suave, com vertentes longas e encaixe suave. A ação antrópica também é notória, representada por extensas áreas de cultivo e pastagem, próximas às margens do canal, com supressão vegetal.

Na área do córrego Piteira, que passa a leste da área de estudo, no município de Josenópolis, o vale apresenta-se encaixado e com drenagem pouco sinuosa, havendo, não raramente, a presença de segmentos retilíneos. Até o início da adutora, próximo à barragem de Irapé, as drenagens possuem esse mesmo padrão e a ocupação antrópica continua marcante, principalmente com atividades agropastoris, as quais tornam em alguns pontos o solo desnudo. As áreas de possíveis assoreamento e alagamentos dos córregos Mumbuca, Manuel Francisco, Moquém e Paulista e do ribeirão Santana estão associados ao uso do solo e/ou aos trechos sinuosos onde a capacidade de transporte dos canais é menor.

## **12.6 - Hidrogeologia**

Este item trata da caracterização hidrogeológica das áreas onde serão implantados o complexo minerário e a adutora de água entre o lago da barragem de Irapé e a área do empreendimento. Salienta-se que o item foi elaborado CLAM ENGENHARIA HIDROCNESA LTDA.

A caracterização hidrogeológica da área da adutora foi feita ao longo do seu eixo, priorizando um corredor de 5 km de largura, e teve como base principal o levantamento de dados secundários, tendo o Projeto SIG de Disponibilidade Hídrica do Brasil desenvolvido pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil (2004) como fonte principal.

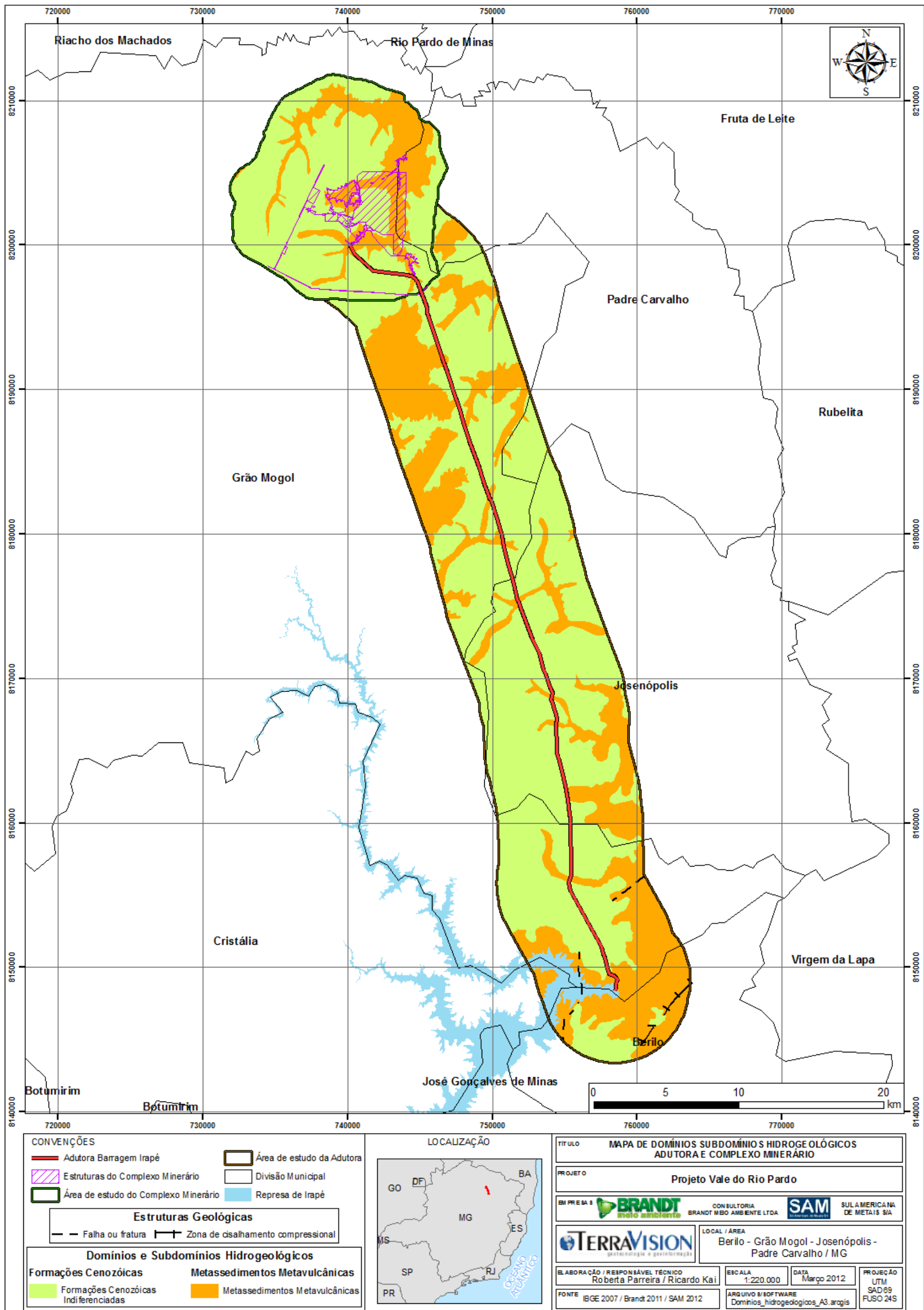
A caracterização hidrogeológica do complexo minerário foi realizada a partir de amplo levantamento de dados primários e de compilação de dados secundários, estando descrita no documento “Estudos Hidrológicos e Hidrogeológicos do Projeto Vale do Rio Pardo” (Golder 2011), desenvolvido para a SAM (Anexo 24 - Estudos hidrológicos e hidrogeológicos).

### **12.6.1 - Hidrogeologia regional**

A descrição dos Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos se baseou nos dados levantados no Projeto SIG de Disponibilidade Hídrica do Brasil desenvolvido pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil (2004). Dentre os domínios e subdomínios descritos nesse projeto, a área que abrange o complexo minerário e a adutora está incluída em dois domínios: o Domínio Metassedimentos / Metavulcânicas e o Domínio Formações Paleógenas/Neógenas. O Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos da Adutora e complexo minerário é mostrado a seguir (Figura 12.16).

A seguir serão descritas as características dimensionais e hidrodinâmicas dos domínios aquíferos e sua correlação com os tipos de reservatórios subterrâneos.

**FIGURA 12.16 - Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos da Adutora e Complexo Minerário**





### **a) Domínio Formações Neógenas - Quaternárias / Aquífero Poroso**

As formações cenozóicas constituem pacotes de rochas sedimentares de naturezas e espessuras variadas que recobrem as rochas mais antigas. Em termos hidrogeológicos, apresentam um comportamento de aquífero intergranular, caracterizado por possuir porosidade primária, com condutividade hidráulica variável entre  $10^{-4}$  e  $10^{-7}$  m/s, em função da granulometria dos sedimentos e da textura e estrutura dos solos.

Em função da espessura e da razão areia/argila, nessas unidades podem ser produzidas vazões significativas nos poços tubulares perfurados, sendo, contudo, bastante comum que os poços localizados neste domínio captem água dos aquíferos, subjacentes. O mais comum é que este domínio aquífero seja explorado através de poços escavados, sendo que, de forma geral, suprem a demanda de pequenas populações isoladas ou de propriedades rurais.

Esse domínio é representado por depósitos relacionados ao Neógeno e Quaternário (aluviões, coluviões e coberturas detríticas, detrito-lateríticas e residuais). O material que compõe este domínio aquífero são latossolos vermelhos e vermelho-amarelos com textura argilosa a média. Tais coberturas sempre apresentam algum grau de estruturação que otimiza o desempenho dos reservatórios.

De maneira geral, apresentam baixa favorabilidade hidrogeológica quantitativa, entretanto são fundamentais no desempenho das funções filtro e reguladora dos aquíferos.

### **b) Domínio Metassedimentos-Metavulcânicas / Aquífero fissural**

Os litotipos normalmente associados a esse domínio na área do complexo minerário e adutora, são essencialmente metassedimentos, em função da ausência de rochas metavulcânicas nessa região. Reúne principalmente xistos, filitos, metarenitos, metassiltitos, quartzitos e metadiamicritos. Devido à pequena porosidade primária nesses tipos de rochas, a dinâmica da água subterrânea é condicionada pela porosidade secundária, por intermédio de fraturas e fendas, portanto relacionada ao denominado aquífero fissural.

Embora as rochas metassedimentares estejam incluídas nesse domínio, as quais englobam, por exemplo, os quartzitos (que podem apresentar comportamento de aquífero poroso com boa favorabilidade hidrogeológica), esse domínio apresenta, em parte, comportamento similar ao das rochas cristalinas tradicionais (granitos, migmatitos etc.), porém com uma maior favorabilidade hidrogeológica esperada, ou seja, maior transmissividade, condutividade hidráulica e capacidade de armazenamento de água. Tal fato se deve ao comportamento reológico distinto entre as rochas metassedimentares e metavulcânicas e rochas cristalinas, isto é, como eles apresentam estruturação e competência diferente, irão reagir também de forma diferente aos esforços causadores das fendas e fraturas, parâmetros fundamentais no acúmulo e fornecimento de água.

A expectativa de favorabilidade hidrogeológica, entretanto, depende fundamentalmente dos seguintes controles: densidade de fraturas, aberturas de fraturas, interconexão de fraturas, geomorfologia, espessura dos aquíferos intergranulares sobrepostos (solos) e clima das regiões de ocorrência desses domínios (principalmente da distribuição temporal e espacial das precipitações pluviométricas).

Localmente, onde os quartzitos e metagrauvacas ocorrem muito alterados e, portanto, friáveis estes aquíferos apresentam comportamento intergranular ou de dupla porosidade. Entretanto, tais situações ocorrem de forma limitada, sendo a designação de aquífero fraturado mais adequada para a caracterização do conjunto.

## **12.6.2 - Hidrogeologia local**

### ***Aquíferos Porosos***

Em função das variações verticais da condutividade hidráulica, da textura dos solos, da granulometria dos sedimentos estes aquíferos foram separados nos sistemas P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>.

O Sistema P<sub>1</sub> engloba todos os latossolos e os colúvios / alúvios arenosos. Ocorrem em áreas planas com restritos declives e apresentam espessuras médias em torno de 10 metros que podem alcançar mais de 30 metros quando os saprolitos são mais desenvolvidos. As condutividades hidráulicas variam de 10<sup>-4</sup> a 10<sup>-6</sup> m/s, indicando se tratar de materiais com boas condições de infiltração. A presença constante de camadas com condutividade hidráulica menor causam perdas por interfluxo e limitação da recarga efetiva, entretanto estas águas são responsáveis pela alimentação de nascentes de contato nas bordas dos platôs.

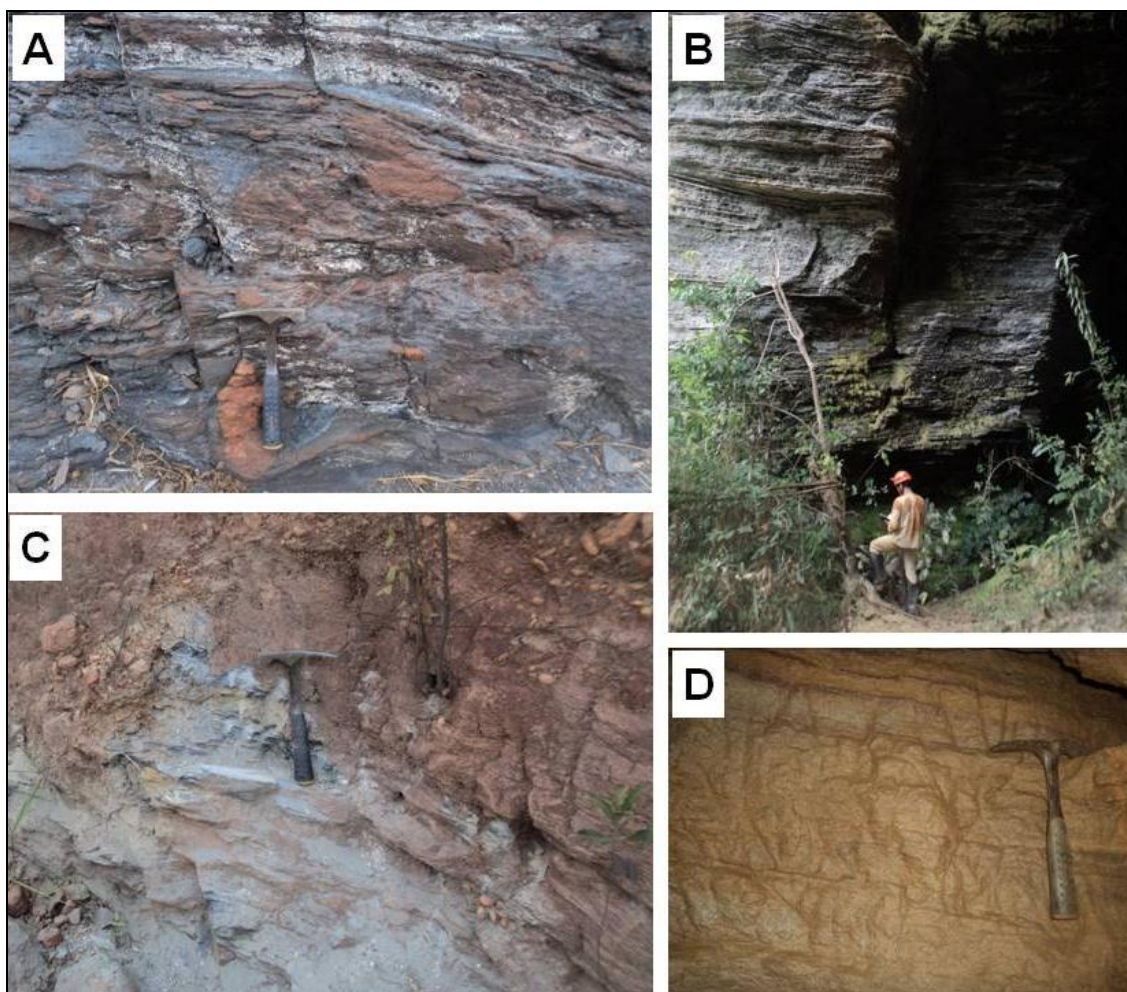
O Sistema P<sub>2</sub> inclui cambissolos e demais coberturas pedogenéticas pouco desenvolvidas (neossolos litólicos e neossolos regolíticos). São tipicamente comuns em áreas de maiores declives e apresentam espessuras de até 20 metros, em que o saprolito é muito mais desenvolvido que a soma dos horizontes A + B. As condutividades hidráulicas são em geral inferiores a 10<sup>-6</sup> m/s, mas na superfície podem apresentar valores da ordem de grandeza de 10<sup>-6</sup> m/s. Em profundidade, há diminuição progressiva da condutividade hidráulica, que pode ser elevada em locais em que os materiais parentais apresentam natureza psamítica.

### ***Aquíferos Fissurais***

As unidades geológicas mapeadas na adutora englobam quartzo-biotita xistos, por vezes apresentando intercalações de quartzitos, metadiamicititos e filitos/quartzitos ferruginosos da Formação Chapada Acauã, e metadiamicititos de matriz xistosa ou quartzosa, mineralizados ou não em ferro, com intercalações subordinadas de quartzitos impuros, da Formação Nova Aurora. Coberturas neógenas e paleógenas estão presentes em superfícies de aplainamento e nas escarpas geradas pelo dissecamento da rede de drenagem.

As unidades litológicas que constituem a Formação Chapada Acauã, interceptada somente por parte do eixo projetado para adutora (a partir da barragem de Irapé - km 0 até o km 43, próximo à localidade de Boa Vista, distrito de Grão Mogol), apresentam potencial de armazenamento variável, visto que são marcadas por intercalações de sequências metapsamíticas e metapelíticas. As camadas de rochas psamíticas geralmente apresentam matrizes pelíticas e são normalmente intercaladas com camadas de metapelitos, o que compromete consideravelmente a função armazenadora desses metassedimentos.

Assim sendo, os quartzo-biotita xistos descritos nas proximidades da barragem de Irapé (Foto 12.62 A) apresentam baixa condutividade hidráulica, que pode ser ampliada em função da presença de planos de falhas e fraturas. Os quartzitos intercalados aos xistos (Foto 12.62 B), aos metadiamicititos de matriz areno-argilosa (Foto 12.62 C) e aos xistos amarelados (Foto 12.62 D) também apresentam comportamento hidrogeológico similar aos quartzo-biotita xistos, ou seja, apresentam textura maciça e baixa condutividade hidráulica, fazendo com que a água infiltre preferencialmente por meio de falhas e fraturas.

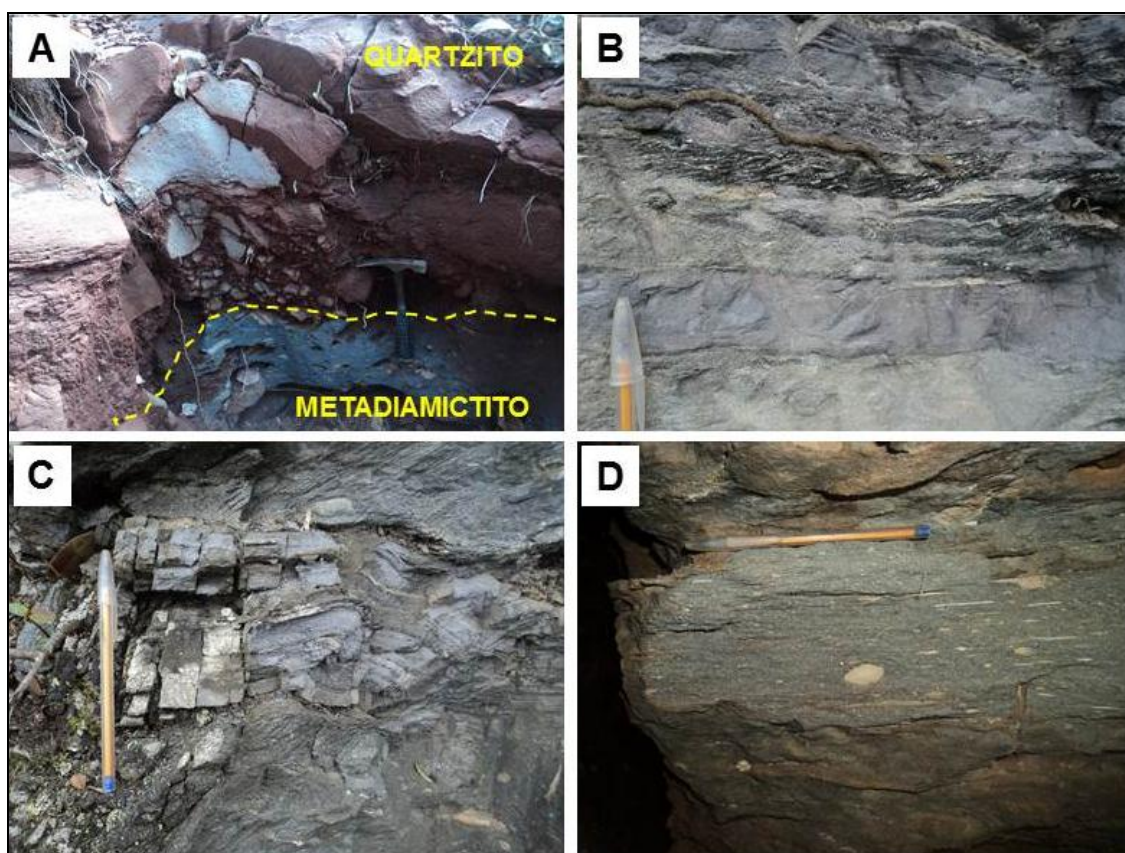


**Foto 12.62 - A) Quartzo-biotita xisto apresentando falhas e fraturas; B) Intercalações de xistos e quartzitos; C) Metadiamicctito acinzentado com matriz areno-argilosa; D) Xistos amarelados.**

A partir do km 43 do eixo da adutora até a área de estudo do complexo minerário ocorrem rochas da Formação Nova Aurora, constituída por quartzitos e metadiamicctitos suportados por matriz pelítica ou areno-siltosa, com intercalações de metapelitos.

De forma semelhante aos litotipos da Formação Chapada Acauã, os metadiamicctitos e metapelitos da Formação Nova Aurora apresentam comportamento de aquíferos fissurais, com exceção das lentes de quartzitos alterados (friáveis) identificadas na área, embora sua distribuição e pequena extensão não altere significativamente o comportamento hidrogeológico das unidades maiores (Foto 12.63).





**Foto 12.63 - A) Contato metadiamicctito com o quartzito; B) Metadiamicctito com nível argiloso; C) Nível quartzítico fraturado intercalado no metadiamicctito; D) Metadiamicctito hematítico com matriz areno-argilosa.**

Pelo fato de a maior preponderância de interferências do empreendimento com as águas subterrâneas ocorrer nas imediações do complexo minerário (em especial na área da cava), ênfase foi dada na caracterização hidrogeológica daquela área.

Tendo sido amplamente investigada pela SAM, essa área dispõe de uma série de dados importantes no que diz respeito à hidrogeologia, com os quais é possível estabelecer um modelo conceitual para análise da interconexão de aquíferos e cursos d'água e para o estabelecimento das principais interferências do empreendimento nesses recursos.

#### **12.6.2.1 - Caracterização dos Aquíferos**

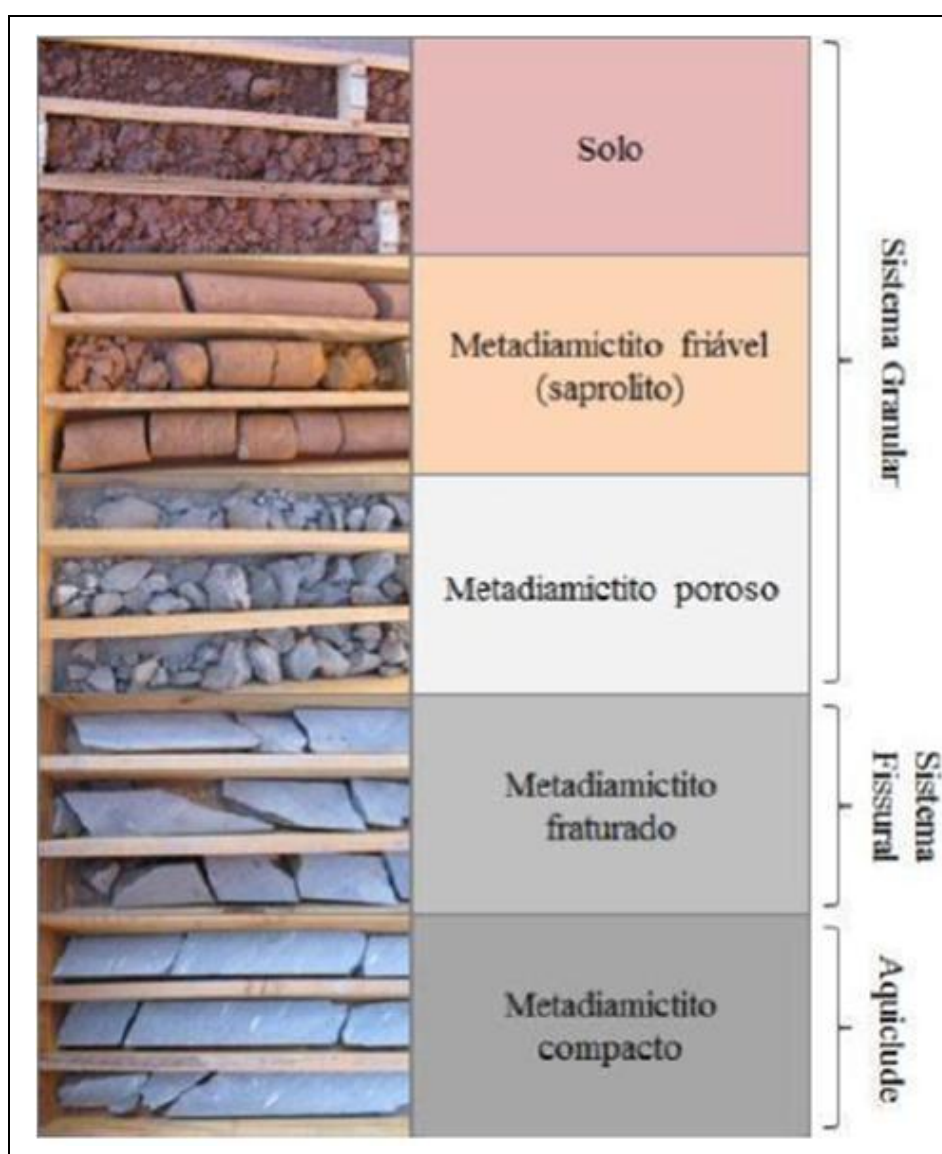
Na área do complexo minerário, as unidades hidrogeológicas podem ser divididas basicamente em três, assim definidas da base para o topo:

1. Um aquíclode (formação sem capacidade de armazenamento e condução de águas subterrâneas), representado pelos metadiamicctitos compactos, não fraturados, que correspondem à base da zona mineralizada e do estéril de base;

2. Um aquífero fissural, em profundidade, formado também pelos metadiamicitos são, porém fraturados; e,
3. Um aquífero poroso, superficial, parcialmente saturado, formado pelos metadiamicitos muito intemperizados, pelos saprolitos e pelas coberturas de solos, colúvios e aluviões.

Uma ilustração esquemática dessas três unidades é mostrada na Figura 12.17.

**FIGURA 12.17 - Seção típica do Complexo Minerário**

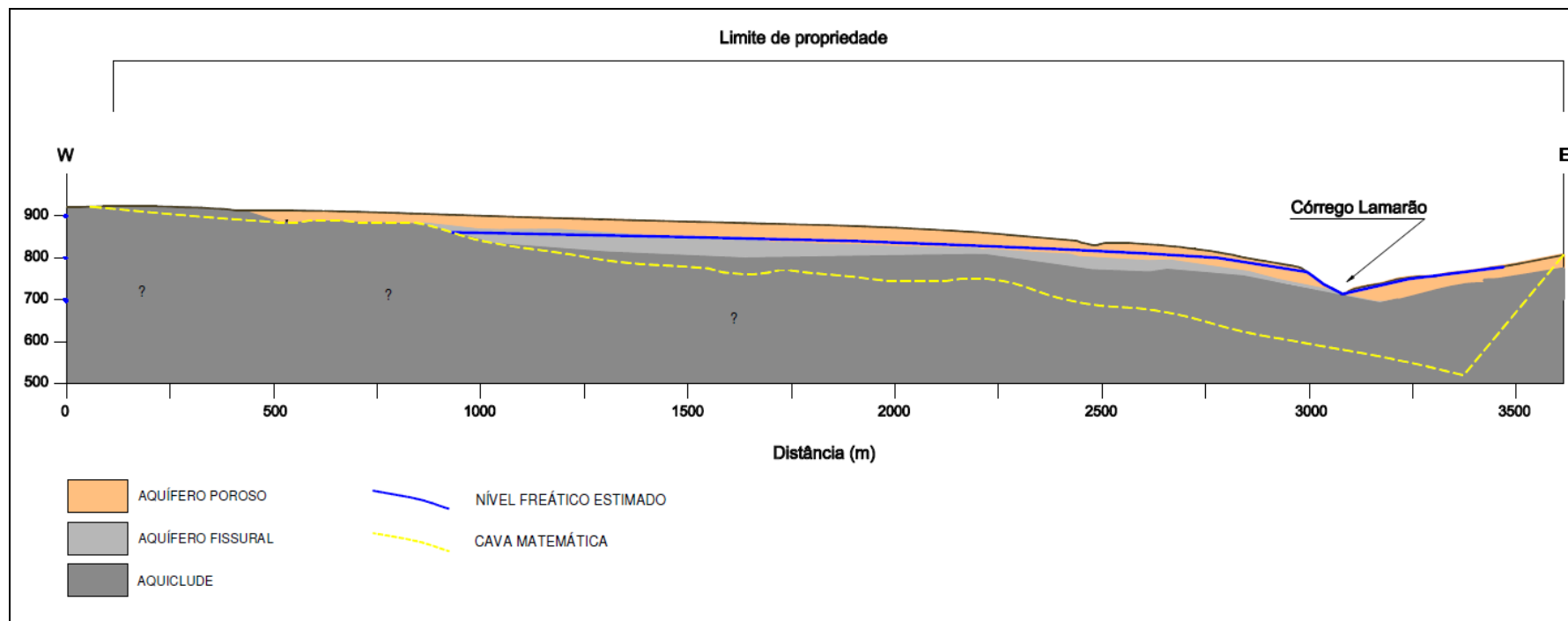


Fonte: Golder, 2011.

Uma seção esquemática, mostrando a distribuição vertical dessas unidades hidrogeológicas (direção E-W), é apresentada na Figura 12.18.

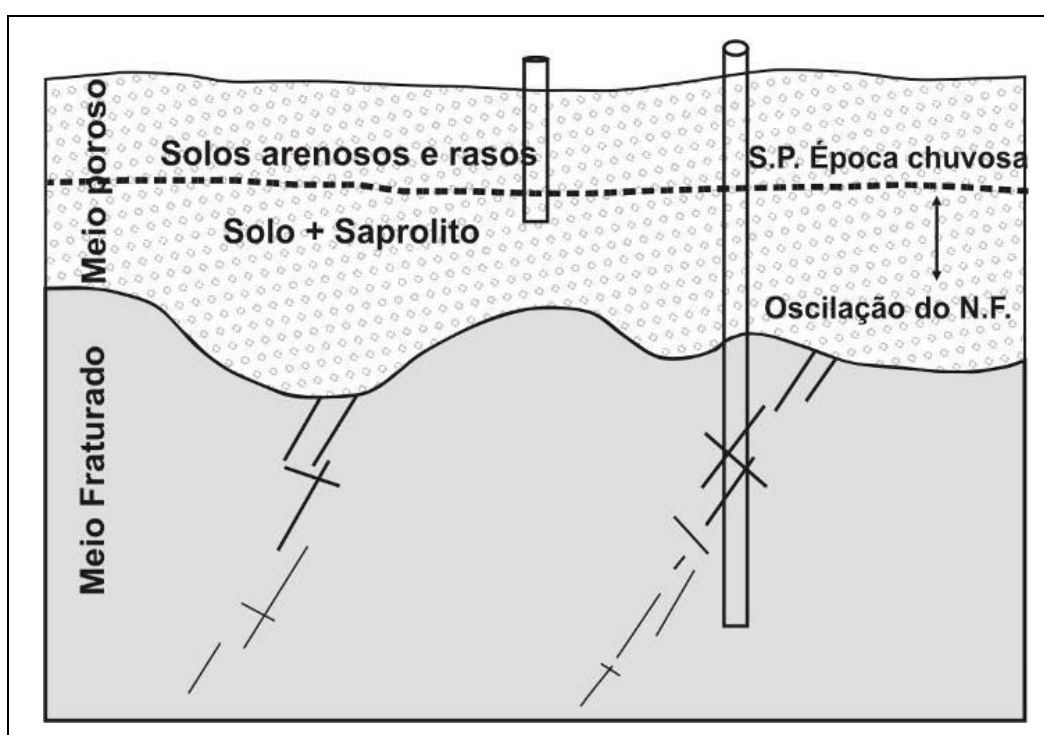
Percebe-se, na Figura 12.18, que os aquíferos poroso e fissural, na área do complexo minerário, apresentam-se relativamente rasos se comparados com a profundidade da cava final do Projeto. Abaixo desses aquíferos, observam-se metadiamicititos muito compactos e são, geralmente a partir de 40 metros de profundidade, constituindo um aquíclode, restringindo a circulação de água subterrânea somente às unidades superiores. Na inspeção visual de alguns testemunhos de sondagem desses metadiamicititos compactos (mineralizados e estéreis) não foram identificados sinais de percolação de água. Portanto, parte significativa da lavra de minério se desenvolverá nesse aquíclode.

**FIGURA 12.18 - Variação do nível d'água medida em furos de sonda do Complexo Minerário**



Sendo assim, para a região em estudo é concebido um modelo conceitual para os aquíferos na forma de sobreposição de dois sistemas distintos: Um superficial, intergranular, e outro, fraturado na base, com a presença de única superfície potenciométrica na maior parte da região em estudo. Isto significa que há forte conexão hidráulica entre esses dois aquíferos, conforme ilustrado na Figura 12.19. Localmente, há a possibilidade da presença de aquíferos suspensos e confinados / semiconfinados em função da presença de camadas e lentes de rochas mais pelíticas.

**FIGURA 12.19 - Modelo de Única Superfície Potenciométrica sem confinamento, onde a superfície de saturação permanece no meio aquífero intergranular superior.**



O aquífero fissural encontra-se acima do aquífero de metadiamiclitos compactos, sendo composto, também, por metadiamiclitos, semicompatos a compactos, fraturados. Baseando-se na inspeção visual de trechos de testemunhos de sondagem, esses materiais possuem porosidade essencialmente secundária, com armazenamento e transmissão da água subterrânea somente nas fraturas abertas. Dada a baixa densidade de fraturas observada nos testemunhos de sondagem, deduz-se que este aquífero fissural possui baixa condutividade hidráulica e pequena capacidade de armazenamento. Esse aquífero é encontrado em profundidades variadas, com espessuras variando de 10 a 30 metros. Possivelmente, existem melhores condições de armazenamento e transmissão de água neste aquífero em planos de fraturas ou de falhas, embora estes aspectos ainda não estejam bem elucidados para a área em questão. Este aquífero fissural está distribuído por toda a área do complexo mineral, formando um sistema heterogêneo e anisotrópico. Em geral, especialmente na área do platô, o nível freático é encontrado nessa unidade ou na parte inferior do aquífero poroso subjacente.

O aquífero poroso ocorre distribuído por toda a área do complexo minerário, sendo constituído pelas seguintes unidades litológicas:

- metadiamicititos semicompactos, intemperizados e bastante porosos;
- saprolitos derivados dos metadiamicititos, geralmente bastante friáveis; e,
- coberturas de solos (latossolos vermelhos, latossolos vermelho-amarelos e cambissolos háplicos), além de colúvios e estreitas faixas aluvionares.

Na sua base, o aquífero poroso é constituído por saprolitos (derivados dos metadiamicititos) e por metadiamicititos semicompactos a compactos, muito intemperizados e porosos. A partir da observação dos testemunhos de alguns furos de sondagem, esta porção porosa apresenta média a alta condutividade hidráulica e elevada capacidade de armazenamento de água nos interstícios da matriz porosa. Entretanto, a partir da observação de piezômetros e de furos de sondagem, constata-se que grande parte deste aquífero poroso profundo encontra-se não-saturado. Portanto, trata-se de aquífero importante sob o aspecto de promover a passagem e a filtragem de águas meteóricas para o aquífero subjacente, mas de menor relevância no que tange ao armazenamento de águas subterrâneas.

No topo, o aquífero poroso é majoritariamente constituído pelos latossolos vermelho e vermelho-amarelo e cambissolos, que se apresentam com espessuras geralmente acima de 3 metros e com pouca diferenciação entre os horizontes. Derivados de alteração dos metadiamicititos, esses solos se apresentam com boa drenagem e com textura argilosa. Portanto, são solos com boa capacidade de armazenamento de água, mas cuja predominância da fração fina acaba por dificultar a sua capacidade de condução de águas subterrâneas, sendo fator importante (e possivelmente restritivo) para a efetivação da infiltração de águas pluviais e consequente recarga dos aquíferos subjacentes. Porém, em áreas mais restritas, como de coberturas lateríticas, colúvios e aluviões, a porosidade e permeabilidade podem se apresentar relativamente elevadas, permitindo uma maior taxa de infiltração da água nessas porções.

Assim, o aquífero poroso na área do complexo caracteriza-se por ser heterogêneo, anisotrópico (especialmente na direção vertical), com espessuras variando entre 15 e 40 metros. Apresenta-se, geralmente, não-saturado ou parcialmente saturado (notadamente em cotas inferiores, junto às drenagens).

#### **12.6.2.2 - Dados Hidrogeológicos**

Os dados hidrogeológicos de campo disponíveis para a elaboração deste estudo compreendem o inventário de nascentes, os dados de medição de nível d'água, efetuados em alguns piezômetros instalados pela SAM na área do complexo minerário e os valores de permeabilidade resultantes de ensaios de infiltração. Outros dados (como medições sistemáticas de vazão nas principais drenagens ou resultados de testes de bombeamento) ainda não estão disponíveis em função do estado preliminar da caracterização hidrogeológica do Projeto.

### 12.6.2.2.1 - Nascentes

O cadastro das nascentes existentes na área do complexo minerário foi realizado por equipe da Brandt Meio Ambiente, em duas campanhas (uma na estação seca e outra na estação chuvosa). Ao todo, na área foram cadastradas 87 nascentes, sendo 47 classificadas como perenes e 40 como intermitentes (Quadro 12.10). As cotas das nascentes variam entre 719 m e 914 m, com média de 840 m. As nascentes ocorrem tanto nas escarpas ao redor do platô principal da área do complexo minerário como nos vales escavados em cotas mais baixas, como pode ser visto no mapa da Figura 12.20.

As vazões nas nascentes foram medidas pelo método volumétrico, obtidas pela razão entre volume de água coletado no balde graduado e o tempo necessário para a coleta. Na maioria das nascentes cadastradas, as vazões verificadas foram inferiores a 0,5 L/s.

Foram cadastradas, ainda, 46 drenagens secas na área do complexo minerário, conforme listado no Quadro 12.11.

**QUADRO 12.10 - Dados das nascentes cadastradas no entorno do complexo minerário.**

Ponto	E	N	Vazão na campanha da estação chuvosa (L/s)	Vazão na campanha de estiagem (L/s)	COTA (m)	TIPO
135	742.966	8.203.894	0,22	0,96	788	Perene
138	743.000	8.203.624	0,29	-	814	Intermitente
139	743.046	8.203.388	0,07	0,07	800	Perene
141	742.977	8.203.056	0,05	0,13	818	Perene
142	743.085	8.202.691	0,04	0,13	796	Perene
143	742.800	8.202.263	0,13	0,07	839	Perene
144	742.664	8.201.627	0,07	0,05	852	Perene
148	742.047	8.200.998	0,07	-	854	Intermitente
149	741.553	8.201.202	0,23	0,13	845	Perene
150	741.148	8.201.681	0,11	-	891	Intermitente
151	741.062	8.201.428	0,36	0,53	857	Perene
152	741.465	8.201.038	0,72	0,14	783	Perene
153	740.479	8.200.448	0,22	0,07	826	Perene
154	740.979	8.199.859	0,08	0,04	862	Perene
155	739.263	8.201.199	0,56	0,18	863	Perene
156	739.054	8.201.331	2,06	0,57	869	Perene
157	738.472	8.201.167	0,15	-	880	Intermitente
159	736.688	8.200.876	0,34	0,53	912	Perene

Continuação

Ponto	E	N	Vazão na campanha da estação chuvosa (L/s)	Vazão na campanha de estiagem (L/s)	COTA (m)	TIPO
161	738.559	8.199.459	0,10	0,41	885	Perene
162	737.562	8.197.297	5,04	0,53	914	Perene
163	743.986	8.205.109	0,19	-	771	Intermitente
166	744.012	8.204.648	0,17	-	781	Intermitente
167	743.544	8.204.257	0,16	-	720	Intermitente
172	744.450	8.203.300	0,30	0,13	840	Perene
173	744.496	8.203.159	0,28	-	829	Intermitente
174	744.452	8.202.871	0,41	0,12	841	Perene
175	744.468	8.202.694	0,66	0,32	839	Perene
176	744.413	8.202.577	1,15	0,72	831	Perene
178	744.166	8.202.510	0,11	0,35	850	Perene
183	743.746	8.201.913	0,88	-	767	Intermitente
185	744.361	8.201.575	0,11	-	857	Intermitente
186	744.055	8.201.232	0,02	-	838	Intermitente
187	744.058	8.200.947	0,80	-	825	Intermitente
191	744.177	8.200.825	0,60	-	799	Intermitente
193	744.388	8.200.445	0,18	-	794	Intermitente
194	744.807	8.200.406	0,63	0,05	856	Perene
196	744.954	8.200.137	1,59	0,10	880	Perene
198	744.180	8.199.846	0,09	0,10	831	Perene
199	744.154	8.199.775	0,08	-	805	Intermitente
201	744.318	8.199.321	0,19	0,30	815	Intermitente
202	744.769	8.199.368	1,25	0,30	842	Perene
203	744.846	8.199.093	1,72	0,82	833	Perene
204	744.434	8.198.332	0,04	0,19	815	Perene
205	744.869	8.198.003	0,51	-	865	Intermitente
206	744.540	8.198.105	0,18	-	819	Intermitente
208	745.056	8.198.654	0,07	-	875	Intermitente
209	745.105	8.198.453	0,04	0,02	863	Perene
210	745.224	8.198.473	1,80	0,10	886	Perene
211	745.290	8.197.432	0,62	0,61	893	Perene
212	745.460	8.197.534	1,72	0,48	910	Perene
213	745.231	8.197.619	0,18	0,24	892	Perene
214	744.877	8.196.997	0,03	0,21	908	Perene
215	744.818	8.196.949	0,33	0,38	895	Perene
216	744.446	8.196.865	0,23	-	894	Intermitente
217	744.286	8.196.823	0,46	0,25	874	Perene



Continuação

Ponto	E	N	Vazão na campanha da estação chuvosa (L/s)	Vazão na campanha de estiagem (L/s)	COTA (m)	TIPO
218	744.380	8.197.496	0,18	0,10	845	Perene
219	739.364	8.197.783	0,04	-	868	Intermitente
222	744.081	8.197.604	1,60	1,18	864	Perene
223	744.116	8.198.004	0,13	-	863	Intermitente
323	742.774	8.204.184	0,11	-	823	Intermitente
324	742.629	8.204.127	0,08	-	833	Intermitente
326	741.990	8.204.111	0,69	0,08	817	Perene
327	742.011	8.204.049	0,69	0,05	820	Perene
329	740.792	8.203.023	1,71	-	866	Intermitente
330	740.830	8.203.022	1,71	1,49	867	Perene
332	740.640	8.203.824	0,21	1,83	809	Perene
333	740.508	8.203.772	1,47	-	797	Intermitente
334	740.424	8.202.671		0,27	889	Intermitente
335	743.051	8.204.985	0,36	-	719	Intermitente
336	741.792	8.204.890	0,44	-	847	Intermitente
338	738.642	8.203.570	0,22	-	857	Intermitente
339	738.884	8.203.459	1,27	0,39	839	Perene
340	738.944	8.203.543		0,16	858	Intermitente
341	739.257	8.203.455	0,80	0,26	841	Perene
342	738.595	8.203.896	1,17	0,10	889	Perene
355	744.221	8.198.424	0,12	0,18	810	Perene
356	744.248	8.198.470		0,11	807	Intermitente
357	744.312	8.198.666		0,11	802	Intermitente
363	743.942	8.199.063		0,41	799	Intermitente
364	743.597	8.198.949	1,04	1,08	842	Perene
365	743.618	8.198.981	1,32	0,37	826	Perene
366	743.621	8.199.007	0,18	-	817	Intermitente
373	741.994	8.200.327	1,60	-	766	Intermitente
375	741.862	8.200.624	0,60	-	788	Intermitente
377	740.783	8.199.354		1,15	883	Intermitente
378	739.777	8.202.651		0,16	877	Intermitente

**QUADRO 12.11 - Dados das drenagens secas no entorno do complexo minerário.**

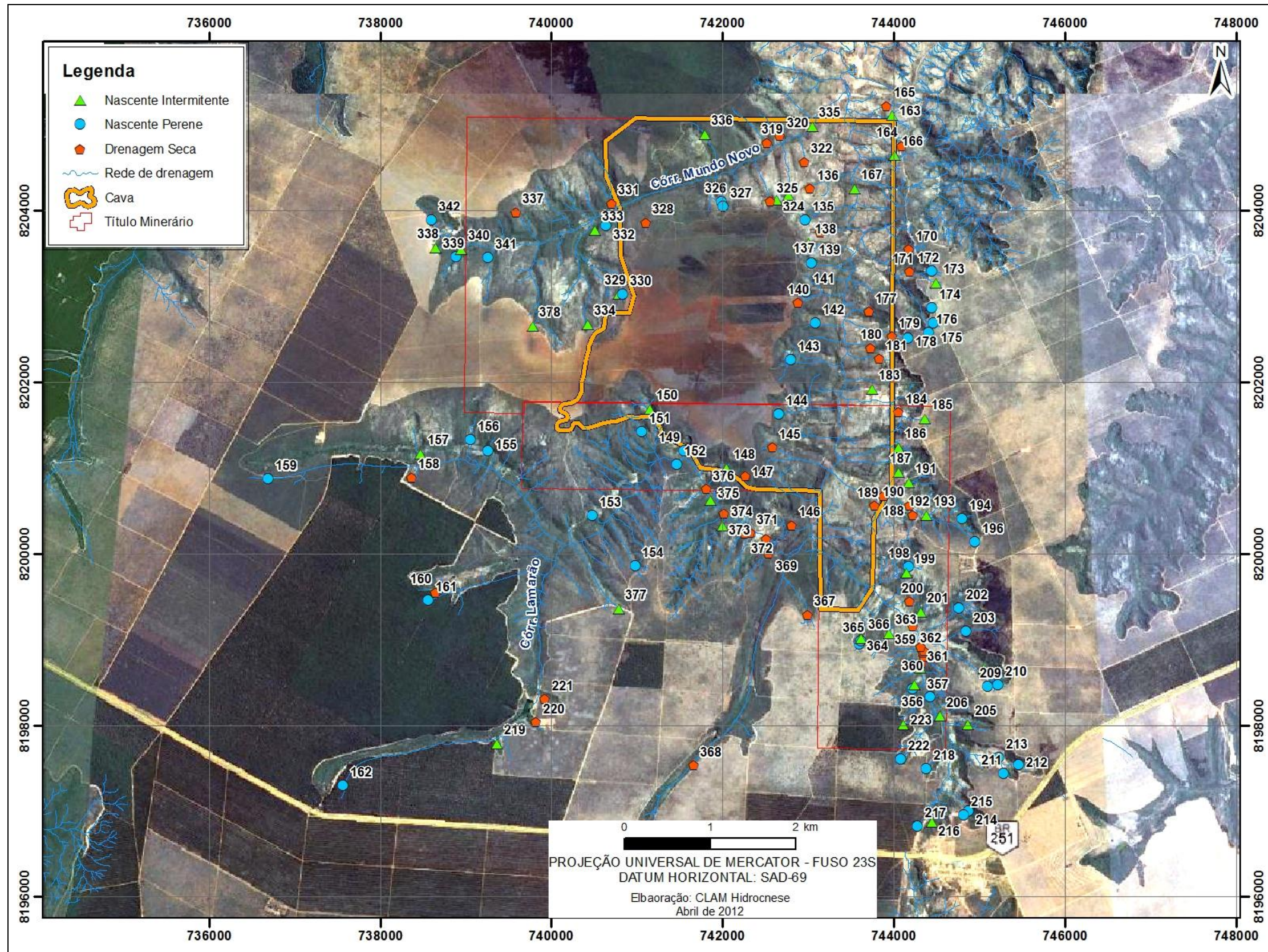
PONTO	E	N	COTA (m)	TIPO
136	743.025	8.204.265	770	Seca
137	743.142	8.203.749	763	Seca
140	742.887	8.202.929	812	Seca
145	742.585	8.201.243	853	Seca
146	742.814	8.200.334	790	Seca
147	742.265	8.200.911	867	Seca
158	738.361	8.200.894	860	Seca
160	738.647	8.199.551	875	Seca
164	744.094	8.204.762	801	Seca
165	743.918	8.205.225	760	Seca
170	744.183	8.203.554	802	Seca
171	744.189	8.203.293	783	Seca
177	743.712	8.202.827	794	Seca
179	743.983	8.202.537	811	Seca
180	743.732	8.202.403	771	Seca
181	743.832	8.202.278	792	Seca
182	744.010	8.202.054	801	Seca
184	744.061	8.201.653	777	Seca
188	743.877	8.200.676	772	Seca
189	743.781	8.200.565	765	Seca
190	744.184	8.200.570	786	Seca
192	744.222	8.200.458	783	Seca
200	744.188	8.199.445	828	Seca
207	744.332	8.198.727	805	Seca
220	739.821	8.198.037	855	Seca
221	739.922	8.198.309	863	Seca
319	742.518	8.204.800	750	Seca
320	742.672	8.204.875	749	Seca
322	742.956	8.204.576	780	Seca
325	742.553	8.204.113	813	Seca
328	741.103	8.203.865	845	Seca
331	740.702	8.204.092	825	Seca
337	739.584	8.203.986	875	Seca
358	744.360	8.198.803	797	Seca
359	744.347	8.198.848	793	Seca
360	744.353	8.198.869	792	Seca
361	744.316	8.198.913	789	Seca
362	744.230	8.199.157	783	Seca

*Continuação*

<b>PONTO</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>COTA (m)</b>	<b>TIPO</b>
367	742.994	8.199.293	847	Seca
368	741.660	8.197.534	866	Seca
369	742.542	8.200.010	774	Seca
370	742.513	8.200.171	785	Seca
371	742.323	8.200.249	776	Seca
372	742.255	8.200.245	770	Seca
374	742.020	8.200.474	801	Seca
376	741.808	8.200.762	782	Seca



FIGURA 12.20 - Carta-imagem de nascentes e drenagens secas inventariadas na área do complexo minerário.





### 12.6.2.2.2 - Medições de níveis piezométricos

Ainda durante os trabalhos de sondagem exploratória, foram instalados 16 piezômetros na área da cava do complexo minerário, dos quais 15 estão operantes. Os dados desses piezômetros são listados no Quadro 12.12 e sua localização é mostrada no mapa da Figura 12.21. No Anexo 24 (Golder, 2011) são mostrados os perfis construtivos desses instrumentos, onde se observa que as células drenantes desses piezômetros foram instaladas em grande profundidade e que os selos de bentonita/cimento foram executados muito acima do lençol freático. Esses detalhes construtivos inviabilizaram a realização de testes slug (para determinação da condutividade hidráulica da formação), pois os ensaios sofreriam forte interferência da condutividade do pré-filtro e provavelmente os resultados refletiriam a condutividade do pré-filtro e não da formação geológica.

As leituras dos níveis nos piezômetros foram iniciadas em Novembro/2010, sendo feitas semanalmente por equipe da SAM. Na Figura 12.22, apresenta-se o gráfico representando a variação do nível d'água nos piezômetros de Novembro/2010 a Abril/2012. Percebe-se, nesse gráfico, que todos os piezômetros apresentam níveis decrescentes, sem oscilações sazonais, à exceção do dispositivo FSF-FS-242 (que se mantém praticamente estável) e dos dispositivos FSF-FS-231 e FSF-FS-168, que demonstram ligeiras oscilações.

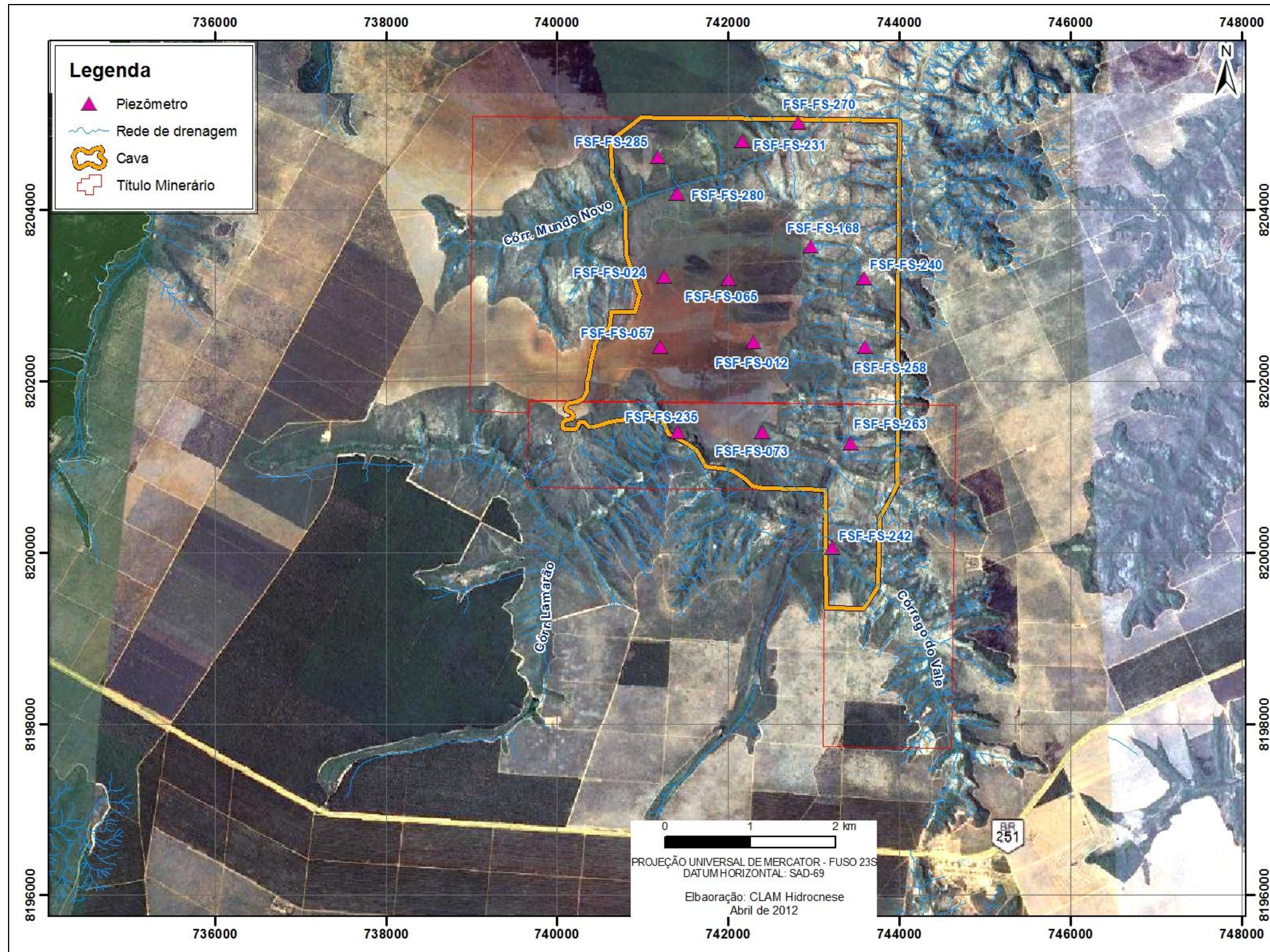
**QUADRO 12.12 - Dados dos piezômetros instalados na área do complexo minerário.**

PZ	E	N	COTA (m)	Profundidade Executada (m)	Profundidade média NA (m)	Cota média NA (m)
FSF-FS-012	742300,92	8202458,98	875,13	124,06	33,3	841,87
FSF-FS-235	741407,42	8201402,91	861,76	41,60	38,1	823,61
FSF-FS-280	741400,77	8204194,88	809,05	114,20	9,3	799,69
FSF-FS-024	741252,36	8203220,34	880,5	80,09	35,5	845,03
FSF-FS-285	741175,17	8204618,5	848,55	165,30	29,6	818,93
FSF-FS-231	742167,25	8204800,88	807,42	174,45	32,4	775,00
FSF-FS-073	742403,83	8201400,22	869,81	118,50	41,2	828,64
FSF-FS-242	743217,67	8200056,05	771,32	77,60	4,3	766,97
FSF-FS-240	743591,52	8203199,4	725,63	227,10	17,0	697,84
FSF-FS-270	742820,67	8205016,71	773,58	239,20	25,7	747,92
FSF-FS-258	743596,64	8202399,79	755,65	212,50	25,0	730,64
FSF-FS-263	743437,82	8201271,67	767,74	125,85	38,3	729,42
FSF-FS-057	741205,01	8202399,89	906,79	42,15	39,1	867,65
FSF-FS-065	742007,65	8203197,98	884,29	115,80	31,6	852,73
FSF-FS-168	742970,22	8203571,53	839,45	214,10	48,4	791,01



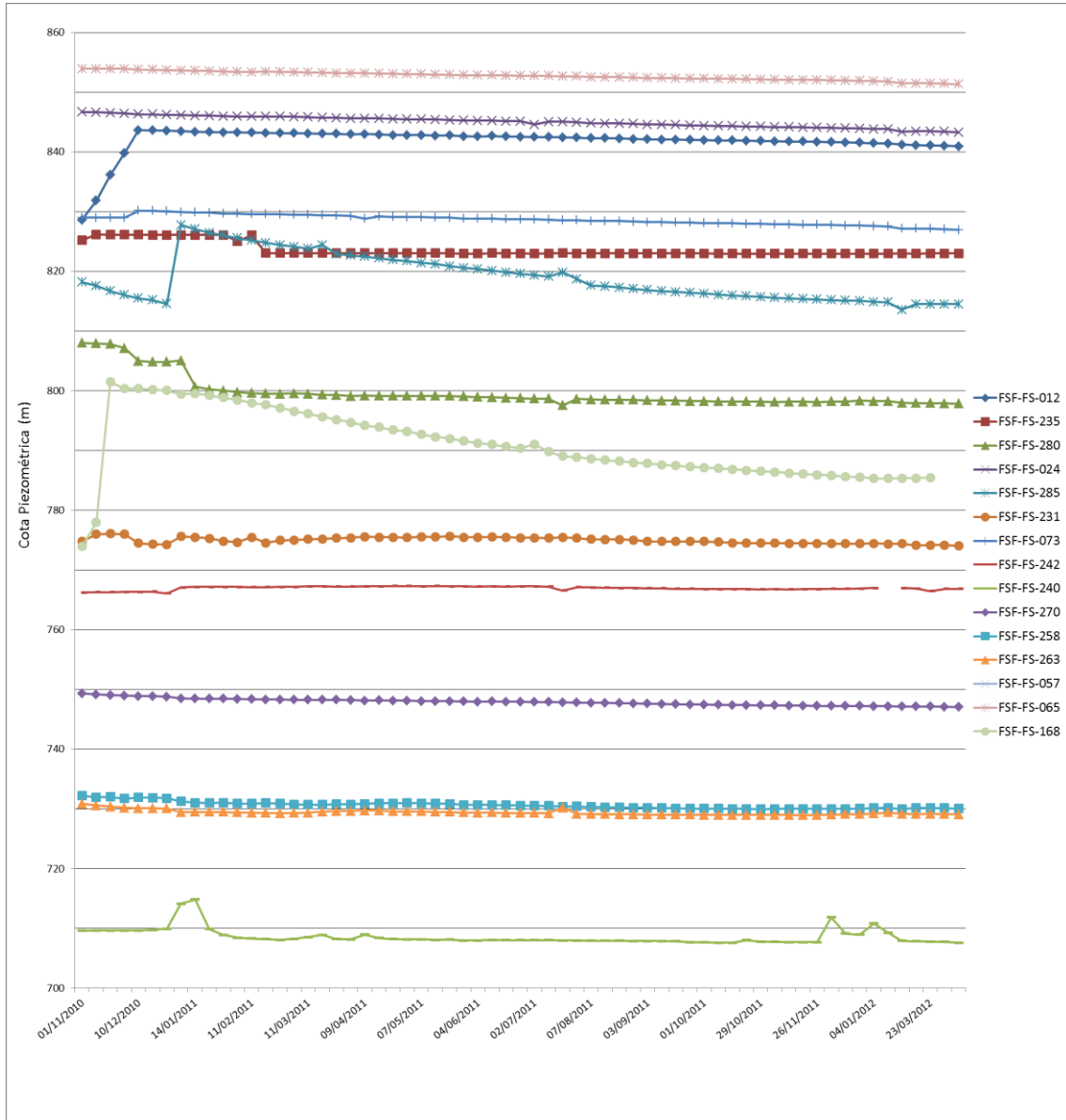


FIGURA 12.21 - Carta Imagem de localização dos piezômetros na área do complexo minerário.





**FIGURA 12.22 - Gráfico de evolução das cotas piezométricas monitoradas nos piezômetros da área do complexo minerário.**



Os níveis piezométricos medidos nos piezômetros estão coerentes com as cotas onde os dispositivos estão instalados (mostrando forte correlação linear), o que pode ser um indício de que estejam indicando os níveis piezométricos corretamente. Entretanto, observa-se um constante declínio dos níveis aferidos, o que pode também ser um indicativo um déficit entre as taxas de infiltração e de evapotranspiração que tenha se estabelecido nos últimos anos, especialmente quando se considera que a área do complexo minerário é atualmente ocupada por plantação de eucaliptos em avançado estágio de desenvolvimento, o que pode contribuir para a extração de águas subterrâneas na área. Outra explicação para isso poderia ser alguma anomalia seu funcionamento ou que os dispositivos se apresentem preenchidos com resquícios de água oriunda da época de sua instalação ou de testes executados. De toda forma, esse aspecto poderá ser mais bem elucidado nos estudos hidrogeológicos complementares que se seguirão no desenvolvimento do Projeto.

#### 12.6.2.2.3 - Poços Tubulares

De acordo com dos dados disponíveis no *site* da CPRM (SIAGAS, 2012), num raio de 25 km do projeto, existem 67 poços atualmente cadastrados, classificados entre tubulares e escavados, perfurados em rochas pertencentes ao Supergrupo Espinhaço, Grupo Macaúbas (Formações Nova Aurora e Chapada Acauã) e Coberturas Neógenas / Paleógenas e Quaternárias. Desses 67 poços, somente 18 estão inseridos no contexto da Formação Nova Aurora e de Coberturas Neógenas / Paleógenas e Quaternárias (Figura 12.23), que são as mesmas litologias abrangidas pela área do complexo minerário e que, portanto, podem se considerados como representativos por similaridade geológica.

Desses 18 poços, apenas 5 estão localizados no complexo minerário ou na localidade vizinha do Vale das Cancelas. Dois são operados pela Prefeitura de Grão Mogol, um é operado COPASA-MG e dois são de propriedade particular.

Pela análise do Quadro 12.13, observa-se que a maioria dos 18 poços de interesse estão perfurados no aquífero fissural, com profundidades que variam de 30 a 120 m. O nível estático varia entre 6 e 42 m, enquanto o nível dinâmico varia entre 32 e 82 m de profundidade. As vazões médias nestes poços é de 5,7 m<sup>3</sup>/h (bastante compatível com o meio aquífero), com vazões específicas médias de 0,5 m<sup>3</sup>/h/m o que representa valor elevado para o tipo de meio em estudo. Oliveira (2004) cita valores médios de 1,17 m<sup>3</sup>/h/m e moda de 0,28 m<sup>3</sup>/h/m para uma população de 151 poços.

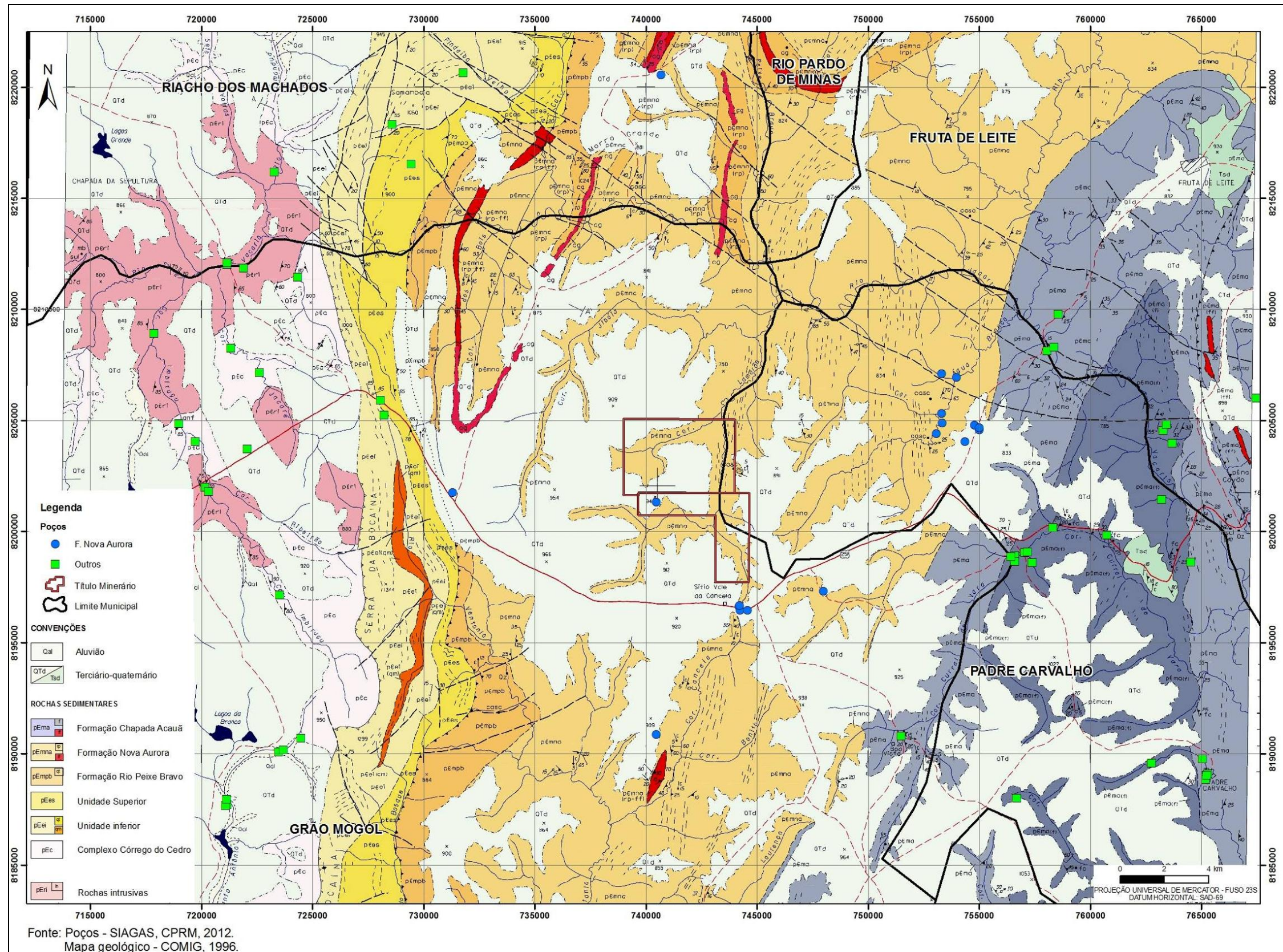
Não existem dados completos dos testes de rebaixamento efetuados nos poços que permitam a inferência de outros parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos como condutividade hidráulica, coeficiente de armazenamento e transmissividade.

De toda forma, os dados coletados evidenciam a restrita vocação hidrogeológica relativa das litologias presentes na área do complexo minerário, o que sugere que a exploração de águas subterrâneas por meio de poços tubulares para o rebaixamento do nível freático durante a operação da lavra deverá produzir inexpressivo volume de água.

Os dados ainda mostram que a água subterrânea não apresenta disponibilidade suficiente para o abastecimento da planta industrial, sendo necessária, para tal finalidade, a captação a partir de mananciais superficiais.



**FIGURA 12.23 - Mapa geológico regional mostrando a localização de poços tubulares no entorno da área do empreendimento.**







**QUADRO 12.13 - Dados dos poços tubulares localizados no entorno e em litologias similares às da área do empreendimento.**

Código do poço	Coordenadas		Município	Tipo	Data de instalação	Profundidade (m)	Litologia	Aquífero	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão Específica (m³/h/m)	Vazão após estabilização (m³/h)	Condutividade elétrica (µS/cm)
	E	N											
3100006659	740685	8220531	Riacho dos Machados	Poço tubular	05/11/1995	42,00	Formação Nova Aurora	Fissural	5,83	36,00	0,27	8,06	-
3100000776	754349	8204048	Padre Carvalho	Poço tubular	01/01/1957	60,00	Grupo Macaúbas	Fissural	20,00	-	-	4,00	-
3100000777	754774	8204781	Padre Carvalho	Poço escavado (caçimba/cisterna)	01/01/1975	30,50	Grupo Macaúbas	Poroso	29,50	-	-	-	11,63
3100003948	753319	8204890	Padre Carvalho	Poço tubular	05/08/1987	66,00	Grupo Macaúbas	Fissural	29,00	32,00	1,70	5,11	10,40
3100010845	753969	8206937	Padre Carvalho	Poço tubular	01/01/2000	86,00	Formação Nova Aurora	Fissural	30,00	48,00	0,44	8,00	643,00
3100010846	753309	8207093	Padre Carvalho	Poço tubular	01/01/1996	90,00	Grupo Macaúbas	Fissural	-	-	-	-	89,00
3100010847	755000	8204575	Padre Carvalho	Poço tubular	01/01/1998	102,00	Formação Nova Aurora	Fissural	42,00	56,00	0,36	5,00	-
3100010848	755007	8204671	Padre Carvalho	Poço tubular	01/01/1998	90,00	Formação Nova Aurora	Fissural	40,00	52,00	1,32	15,84	12,00
3100017991	753295	8205321	Padre Carvalho	Poço tubular	01/10/1998	80,00	-	-	-	-	-	-	-
3100017992	753076	8204401	Padre Carvalho	Poço tubular	06/10/1998	100,00	-	-	-	-	-	-	-
3100003834	740474	8190867	Grão Mogol	Poço tubular	14/01/1982	72,00	Grupo Macaúbas	Fissural	6,68	53,70	0,01	0,50	192,50
3100003836	744186	8196624	Grão Mogol	Poço tubular	22/09/1993	108,00	Grupo Macaúbas	Fissural	28,00	70,00	0,08	3,30	45,50
3100003837	744238	8196460	Grão Mogol	Poço tubular	17/10/1997	120,00	Poroso/ rocha alterada	Poroso	39,00	57,00	0,32	5,80	17,80
3100005438	740474	8201314	Grão Mogol	Poço tubular	10/12/1987	100,00	Formação Nova Aurora	Fissural	17,80	81,97	0,02	1,37	425,00
3100009450	744567	8196447	Grão Mogol	Poço tubular	01/01/1978	120,00	Poroso / rocha alterada	Poroso / fissural	-	-	-	-	37,00
3100009451	744210	8196663	Grão Mogol	Poço tubular	01/01/1993	117,00	Poroso / rocha alterada	Poroso / fissural	-	-	-	-	-
3100009453	747988	8197313	Grão Mogol	Poço tubular	01/07/2003	159,00	Poroso / rocha alterada	Poroso / fissural	-	-	-	-	233,00
3100009455	731306	8201751	Grão Mogol	Poço tubular	-	-	-	-	-	-	-	-	55,00



#### 12.6.2.2.4 - Ensaio de Infiltração

Na área do projeto, foram executados cerca de 130 furos de sondagem a percussão (SPT), ao longo dos quais foram realizados ensaios de infiltração. Tais sondagens alcançaram profundidades diversas: 60% apresentam profundidades inferiores a 10 m, 20% apresentam entre 10 e 15m de profundidade, outros 20% estão entre 15 e 20 m e, apenas 2% alcançaram mais do que 20 m. Nenhum dos furos interceptou o lençol freático. Por serem a percussão, essas sondagens somente perfuraram o aquífero poroso (não saturado) e não são representativas do aquífero fissural.

A maioria dos furos de sondagem a percussão foi executada sobre áreas de latossolos vermelhos (Figura 12.24), onde será implantada a cava. Também foram executados furos sobre cambissolos, às margens do Córrego Lamarão e na área onde ficará parte da planta industrial do empreendimento, e sobre latossolos vermelho-amarelos, onde será instalada a outra parte da planta industrial do Projeto.

Embora os ensaios realizados durante a execução da sondagem SPT tendem a minimizar os resultados da condutividade hidráulica, em função da destruição da estrutura dos solos, os valores podem ser utilizados como uma excelente referência, mesmo porque foram realizados em grande número e podem ser tratados de forma estatística.

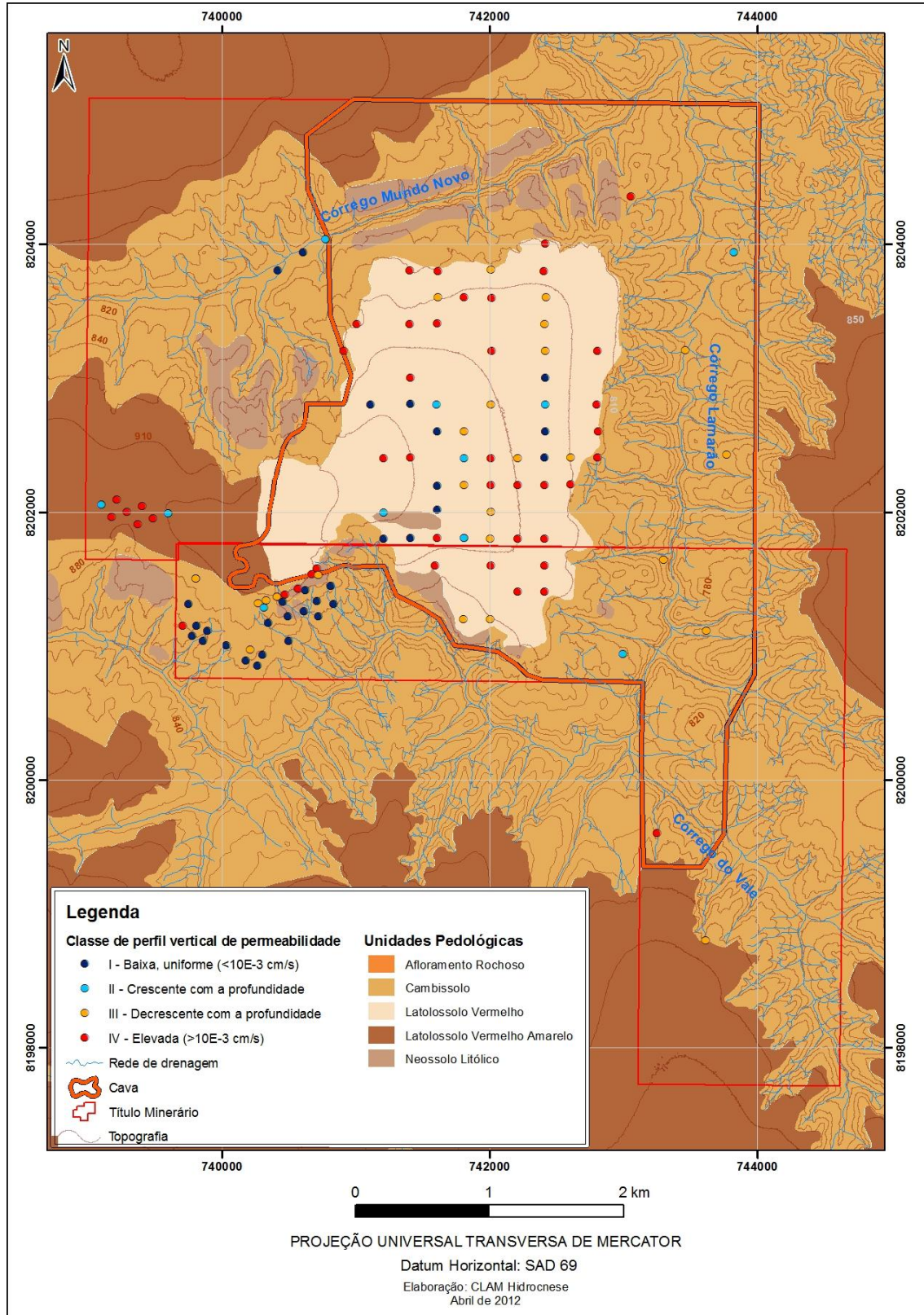
Nos latossolos vermelhos, os resultados dos testes de infiltração realizados sugerem grande variabilidade na permeabilidade, em algumas ordens de grandeza, tanto lateralmente quanto verticalmente. Na área da cava, os perfis verticais de permeabilidade não seguem um padrão típico, ou seja, a permeabilidade não varia de maneira constante com a profundidade de um furo para outro, com seus valores variando algumas ordens de grandeza. Próximo das bordas do platô da cava, prevalecem os perfis com valores mais elevados de permeabilidade. No centro do platô, os perfis de permeabilidade apresentam maior variabilidade espacial.

Nos cambissolos, a condutividade hidráulica apresenta-se com menor magnitude, o que pode ser correlacionado com as características mais argilosas desses solos. Alguns furos foram executados sobre neossolos litólicos e, nesses casos, as permeabilidades aferidas foram mais elevadas do que nos cambissolos.

Na área da barragem de rejeitos foram feitos testes de infiltração somente em três furos de sondagem mista, localizados em pontos perpendiculares ao longo do futuro eixo do maciço. As permeabilidades inferidas, em trechos de metro em metro nos ensaios desses furos, sugerem variações em até 3 ordens de grandeza na vertical, com menores valores predominando nas partes mais superiores dos perfis. Na área do reservatório da barragem de rejeitos não foram realizados ensaios de infiltração. Entretanto, partindo-se da constatação de que este ocupará uma área onde ocorrem cambissolos, derivados dos mesmos diamictitos areno-argilosos que ocorrem mais a sul, pode-se conceber, por similaridade, que os valores de condutividade serão baixos.

Ressalta-se que não foram feitos ensaios de infiltração direta nas camadas superiores do solo, anteriormente à execução dos furos de sondagem a percussão. Portanto, a condutividade hidráulica das camadas superiores de solo (que podem ser condicionantes das taxas efetivas de infiltração) não foi avaliada. Durante o desenvolvimento dos estudos mais detalhados para o empreendimento, esses ensaios deverão ser conduzidos para melhor avaliação do potencial de infiltração de águas pluviais no solo.

**FIGURA 12.24 - Mapa de localização dos furos de sondagem a percussão onde foram executados ensaios de infiltração**



### 12.6.2.3 - Piezometria

A partir dos dados de elevação dos pontos d'água obtidos no inventário de nascentes e dos dados de leitura dos níveis piezométricos nos piezômetros, foi possível estabelecer uma superfície representativa do nível freático na área do complexo minerário, correspondente ao período de estiagem, representada na Figura 12.25. Nessa figura, observa-se que as maiores elevações do nível freático ocorrem nos locais de topografia mais elevada, onde o lençol é atingido a partir de cerca de 30 m de profundidade, em média. De acordo com os perfis geotécnicos fornecidos pela Golder Associates, na área do complexo minerário, as unidades correspondentes ao aquífero poroso apresentam uma espessura conjunta média de 25 m. E, abaixo deste, o metadiamicrito semicompato, fraturado, possui espessura média em torno de 15 m. Dessa forma, concebe-se que, na área do complexo minerário, a água subterrânea possa estar sendo efetivamente armazenada na base do aquífero poroso e predominantemente no sistema fissural, ficando o armazenamento no aquífero poroso restrito a porções menos expressivas nessa área.

Mais próximo dos talwegues, a profundidade média do lençol freático diminui. Dessa forma, a conformação da superfície freática assemelha-se à da topografia local, porém mais suavizada, conforme já era esperado nesse tipo de morfologia do terreno.

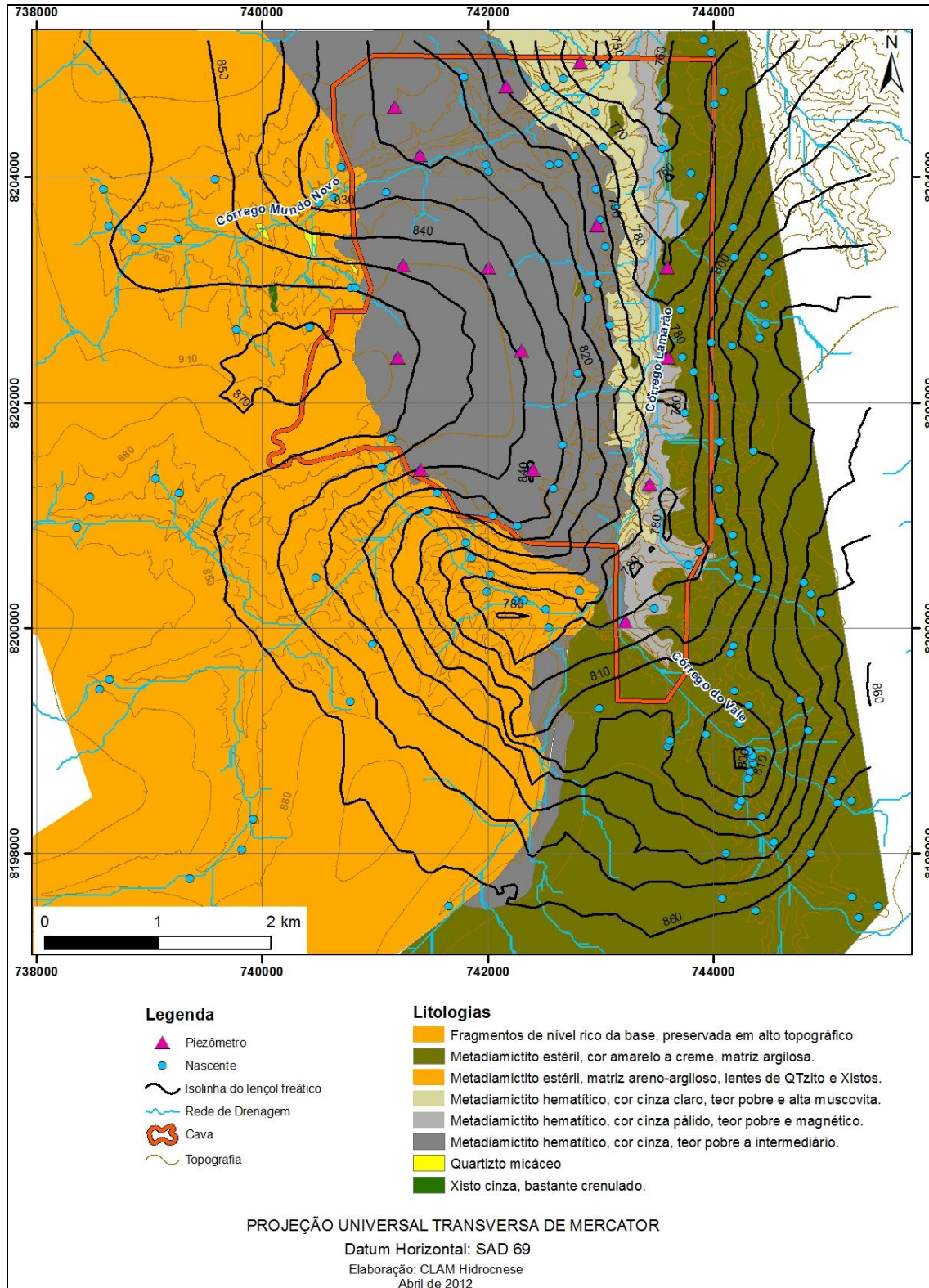
Na Figura 12.25 está representada a conformação estimada do lençol freático. Entretanto, o padrão de escoamento da água subterrânea no aquífero fissural será condicionado pelos planos de fraturas ou falhas presentes na área.

Como descrito no item 7.3.4 (Geologia - Aspectos Estruturais), foram observadas, na área do complexo minerário, três fases deformacionais, D1, D2 e D3, reconhecidas regionalmente. Tais fases se relacionam à foliação principal (S1), foliação de crenulação (S2) e sistema de fraturas, respectivamente.

As foliações principal e de crenulação apresentam orientação preferencial N-S, aproximadamente coincidente com a direção do Córrego Lamarão. Já as fraturas são, preferencialmente, NW-SE e NE-SW, coincidindo com a direção dos principais afluentes do Córrego Lamarão. Algumas famílias de fraturas de direção N-S também são encontradas na área. Em escala de afloramento, são mapeadas falhas, também correlacionadas à fase de deformação D3.

Tal controle estrutural da rede de drenagens pode ser verificado no mapa apresentado na Figura 12.25. Concebe-se que esse controle estrutural, observado em superfície, pode ser preponderante para a descrição do padrão de escoamento das águas subterrâneas em profundidade, no aquífero fissural. Entretanto, até o momento não foram desenvolvidos estudos ou levantamentos de campo específicos para investigar em detalhes esses aspectos, os quais poderão ser mais bem elucidados nas fases seguintes de desenvolvimento do Projeto. Para se alcançar tais objetivos, caso realmente tenha necessidade durante as fases avançadas de lavra, poços de monitoramento estrategicamente posicionados deverão ser construídos para a realização de ensaios de traçador e de fluxo.

**FIGURA 12.25 - Mapa representado a superfície freática na área do complexo mineral.**



#### **12.6.2.4 - Recarga e Descarga de Águas Subterrâneas**

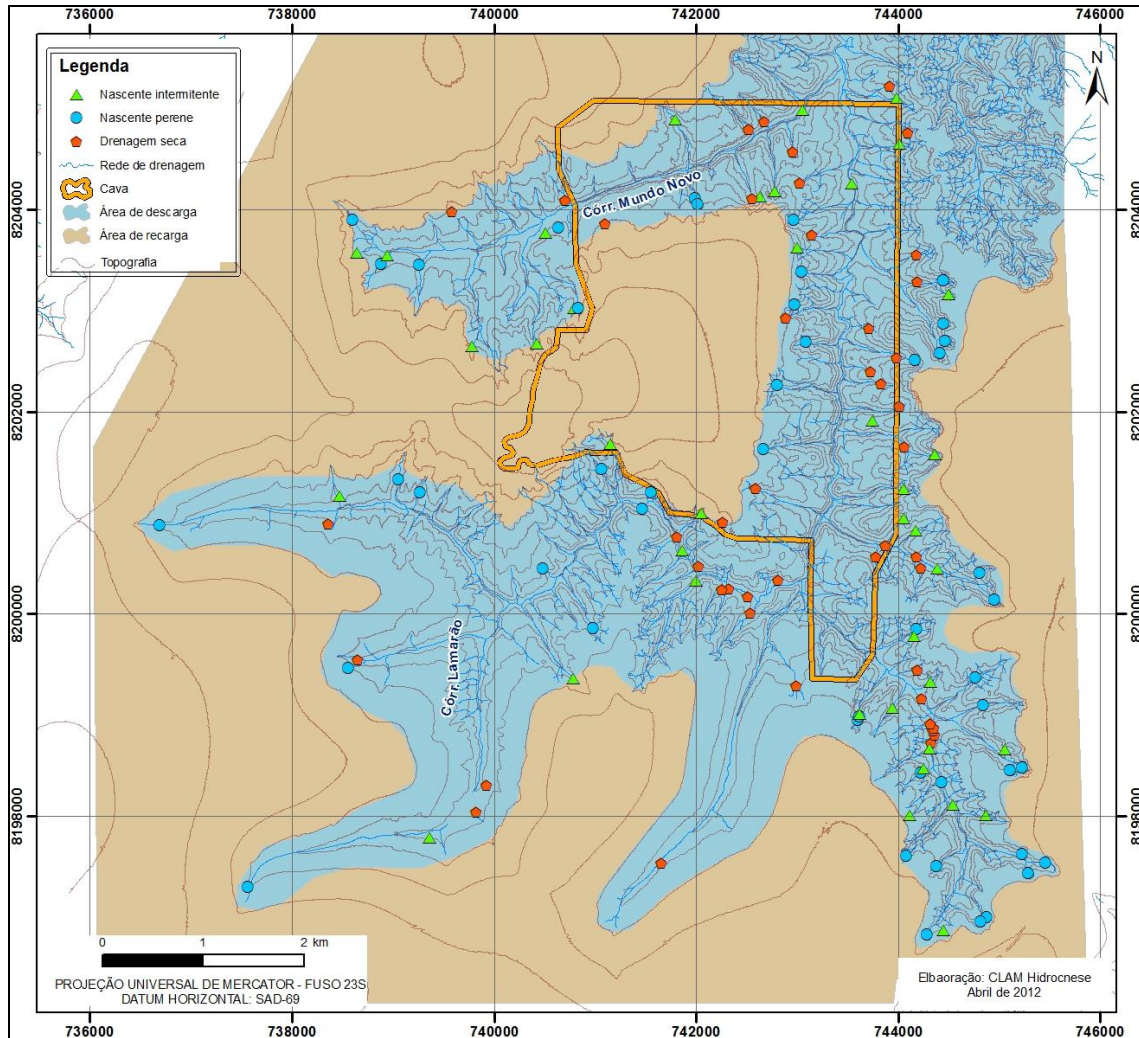
A recarga dos aquíferos na área do complexo minerário se faz por infiltração direta da precipitação atmosférica nos solos, notadamente nas extensas áreas de restrita declividade, que coincidem com os topos dos platôs (Figura 12.26).

Estima-se que a taxa efetiva de infiltração seja reduzida devido:

1. Ao baixo índice pluviométrico na região, característica do clima Tropical Quente Semi-úmido no norte de Minas Gerais; e,
2. À natureza argilosa dos solos, que dificulta a infiltração. Esse fato pode ser corroborado pela constatação, em campo, dos altos níveis alcançados pela água na rede de drenagem durante os eventos de pico de precipitação (FIGURA 12.27). Segundo relatos de moradores locais, o nível dos córregos do entorno da área oscilam muito rapidamente durante a ocorrência de chuvas, o que indica uma alta taxa de escoamento superficial e baixo tempo de concentração da bacia de contribuição.



**FIGURA 12.26 - Mapa das áreas de recarga e descarga de águas subterrâneas no complexo minerário**



**FIGURA 12.27 - Foto do Córrego Lamarão, a jusante da área do complexo minerário. Próximo à cerca pode-se observar a marca de cheia do córrego.**



Uma estimativa precisa da taxa de recarga local somente poderá ser feita após a coleta de dados de medição de precipitação e de vazão dos cursos d'água no entorno da área de estudo, durante um ciclo hidrológico completo, pelo menos, e subsequente análise desses dados, num contexto de balanço hídrico.

A descarga das águas subterrâneas é feita em nascentes que se localizam em praticamente todos os talwegues modelados no terreno, sendo drenadas pela rede de córregos da área. Observando-se o grande número de nascentes encontradas na região (FIGURA 12.25) e a pequena distância entres esses pontos e as áreas de recarga, pressupõe-se que o tempo de permanência das águas subterrâneas nesse aquífero superficial seja relativamente curto, isto é, relacionado a sistemas de fluxo hidrogeológico locais.

Toda a água subterrânea da área do complexo minerário é, afinal, drenada para o córrego Lamarão. Tomando-se a área da bacia de contribuição desse córrego no ponto mostrado na FIGURA 12.27 (76,34 km<sup>2</sup>) e uma estimativa de vazão média naquele ponto (feita durante o reconhecimento de campo, em período de plena estiagem) como sendo de 105 l/s, pode-se chegar, preliminarmente, a um valor da descarga subterrânea específica de 1,37 l/s/km<sup>2</sup>. Este valor é praticamente o mesmo citado por Oliveira (2004) (1,3 l/s/km<sup>2</sup>), resultante de cálculos considerando o valor médio dos deflúvios mínimos ocorrentes nos meses mais secos sobre um trecho bastante significativo na região do médio Jequitinhonha.

Além disso, quando se considera que o nível freático na área foi rebaixado (durante a estiagem de 2011) a uma taxa média de 1,1 cm/dia, pode-se estimar uma porosidade efetiva da formação responsável pelo deflúvio em 1%, valor condizente com porosidade de aquíferos fissurais.

#### **12.6.2.5 - Cálculo de Reservas e Disponibilidades das Águas Subterrâneas**

Inicialmente são apresentados os conceitos das diferentes modalidades de reservas de água subterrânea, das quais se deriva a disponibilidade que efetivamente pode ser explorada sem prejuízo para o sistema aquífero.

##### ***Reservas Renováveis***

Reservas renováveis ou reservas reguladoras representam os volumes de água de tempo de circulação restrito (geralmente equivalente a um ciclo hidrológico = 12 meses) que anualmente re-alimentam o sistema aquífero a partir das áreas de recarga. Para aquíferos fraturados este volume é geralmente importante, sendo estimado com base na parcela de infiltração que a cada ano alcança efetivamente as zonas fraturadas profundas, e que pode ser obtido com base no balanço hídrico climatológico local.

##### ***Reservas Permanentes***

Reservas permanentes ou reservas seculares (reservas de saturação) correspondem ao volume de água que ocupa os espaços livres abaixo no nível mínimo da zona não saturada do aquífero. Para os aquíferos fraturados, é equivalente a todo o volume de água que preenche fissuras interconectadas abaixo do nível de saturação mínimo. Para os sistemas intergranulares corresponde a água que ocupa a porosidade efetiva.

##### ***Reservas Explotáveis***

Reservas explotáveis ou disponibilidades correspondem ao volume que pode ser retirado anualmente de determinada área do sistema aquífero, sem acarretar em risco de exaustão do sistema, estando dentro de um conceito de vazão de segurança (*safe yield*), e visa garantir a gestão racional do sistema aquífero considerado.

Existem três interpretações para a estimativa das reservas exploráveis com base no conhecimento das reservas renováveis e exploráveis, as quais são a seguir discriminadas e comentadas.

Alguns gestores consideram que a vazão explorável é representada por um percentual da reserva reguladora, uma vez que parte da reserva reguladora seria necessária para a manutenção das vazões da rede de drenagem superficial. Neste caso se considera que ocorra uma subestimação da reserva, pois o cálculo da reserva renovável já exclui a descarga de base que alimenta a rede de drenagem superficial, visto que a variação anual do nível freático se dá simultaneamente à descarga do aquífero. Em outras palavras, quando o nível se eleva no período chuvoso do ano, ou quando ele rebaixa na época de recessão das chuvas, há simultaneamente a descarga para os exutórios superficiais.

Outros gestores e pesquisadores consideram que a reserva renovável seja equivalente à reserva renovável, isto é, pode-se retirar de forma sustentável e ecológica, o volume equivalente ao da variação anual do nível freático.

Um terceiro grupo considera que as reservas exploráveis sejam equivalentes à totalidade das reservas renováveis mais uma parcela da reserva permanente. A porcentagem da reserva permanente é função de uma série de parâmetros, como o tipo e características do aquífero, fácies geológicas que definem o aquífero, grau de circulação hídrica no sistema, além de variáveis de decisão do ponto de vista de custos e benefícios (aspectos sociais e econômicos). A grande questão que gera certa polêmica é o valor do percentual a ser aplicado, de forma que ainda se garanta a sustentabilidade do sistema a ser explorado.

Essa concepção será utilizada para o cálculo das reservas hídricas no presente estudo e é considerada porque, quando ocorre o rebaixamento causado pela drenagem de água, em profundidade, na área da cava, há uma recarga adicional induzida pelo gradiente hidráulico gerado pelo cone de depressão.

Para o cálculo do volume de água subterrânea disponível na área em estudo serão inicialmente consideradas as estimativas das reservas renováveis e reservas permanentes, para então se estimar as reservas exploráveis ou as disponibilidades. Nestes casos serão considerados separadamente os domínios aquíferos poroso e fissural. A soma das disponibilidades nesses dois ambientes define o valor das reservas exploráveis totais.

Para o domínio poroso há a possibilidade da aplicação de equações pré-estabelecidas, mas, o nível de conhecimento das características dos aquíferos na área de estudo não permite grande precisão. Dessa forma os resultados devem ser considerados preliminares e indicativos de ordem de grandeza.

Para estabelecer as estimativas serão aplicadas duas metodologias distintas que consideram valores de superávit hídrico derivados de estudos de balanço hídrico ou aplicação de equações consagradas ou adaptadas aos tipos de aquíferos em estudo.

As reservas renováveis para os meios porosos são obtidas pela seguinte equação:

$$R_r = A \times \Delta h \times \eta_e, \text{ onde:}$$

$R_r$  é a reserva renovável para aquíferos porosos;  
 $A$  é a área abrangida pelo aquífero em questão;  
 $\Delta h$  é equivalente à amplitude da variação anual do nível freático; e,  
 $\eta_e$  é igual à porosidade efetiva.

Para as reservas permanentes desses aquíferos utiliza-se a seguinte fórmula:

$$R_p = A \times b \times \eta_e, \text{ onde:}$$

$R_p$  é a reserva permanente para aquíferos porosos;  
 $b$  representa a espessura da zona saturada do sistema e os demais parâmetros são definidos como acima.

No caso dos sistemas fissurais as estimativas das reservas renováveis podem ser feitas utilizando o volume efetivo de infiltração a partir de dados de balanço hídrico climatológicos, o que em geral é expresso por um percentual da altura pluviométrica anual média.

As reservas permanentes para os sistemas fissurais podem ser estimadas utilizando-se a equação:

$$R_{pf} = A \times b \times \eta_{fi} \text{ onde:}$$

$R_{pf}$  representa as reservas permanentes para aquíferos fraturados;  
 $A$  é a área abrangida pelo aquífero;  
 $b$  é a espessura saturada; e,  
 $\eta_{fi}$  equivale ao índice de fraturas interconectadas.

### **Sistema Intergranular**

A estimativa das reservas renováveis para os aquíferos rasos será realizada, de acordo com a metodologia do balanço hídrico. Para discretizar os percentuais da precipitação anual média de longo termo equivalente a recarga efetiva dos meios freáticos, foram utilizados os seguintes valores médios:

Sistema  $P_1$  equivalente ao Grupo dos latossolos - 8%;  
Sistema  $P_2$  equivalente ao Grupo dos cambissolos - 4%.

Os percentuais médios são coerentes com os diversos ambientes encontrados na área, incluindo áreas de chapadas e áreas de relevo movimentado, além das condições climáticas que mostram déficit hídrico na maior parte do ano.

Os dados de área de cada um dos sistemas, já considerando a correlação entre grupo hidrológico de solo, com os sistemas aquíferos do Domínio Poroso estão apresentados no Quadro 12.14 (60% da área no Sistema P1 e 40% da área no Sistema P2). As áreas consideradas são apenas relativas à futura poligonal da lavra e porções adjacentes do terreno que serão afetadas pelas escavações para decapeamento e remoção do minério, além de disposição de rejeitos e estéreis. Os dados de espessura saturada de cada conjunto também estão disponíveis na Tabela 12.05, sendo que esses valores são considerados a partir dos dados de sondagens. Para efeito dos cálculos foi considerada uma altura pluvial média (no tempo e no espaço) para toda a área de 900 mm por ano, ou 0,9 m por ano.

**QUADRO 12.14 - Área, espessura saturada média, porosidade total média e porosidade efetiva média considerada para cada sistema do Domínio Poroso.**

Domínio Poroso	Área - m <sup>2</sup>	b - m	η - %	ηe - %
Sistema P1	33.000.000	20	25	10
Sistema P2	22.000.000	10	18	3
Total	55.000.000	-	-	-

**Reservas Renováveis do Domínio Intergranular**

Considerando os parâmetros anteriormente apresentados e o critério do balanço hídrico pra estimar as reservas renováveis, chega-se nos seguintes resultados:

$$\text{Sistema P}_1 = 33 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0,9 \text{ m/ano} \times 0,08 = \mathbf{2,38 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}};$$

$$\text{Sistema P}_2 = 22 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0,9 \text{ m/ano} \times 0,04 = \mathbf{7,92 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}}.$$

**Reservas Permanentes do Domínio Intergranular**

Os parâmetros de porosidade e porosidade efetiva apresentados na Tabela 12.05 são coerentes com as diretrizes de estimativas de reservas, que devem considerar um cenário otimista do ponto de vista dos sistemas em estudo. Assim, a aplicação das equações converge para os seguintes resultados:

$$\text{Sistema P}_1 = 33 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 20 \text{ m} \times 0,1 = \mathbf{6,60 \times 10^7 \text{ m}^3};$$

$$\text{Sistema P}_2 = 22 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m} \times 0,03 = \mathbf{6,60 \times 10^6 \text{ m}^3}.$$

## Sistemas Fissurais

Os valores apresentados na Tabela 12.06 trazem uma segmentação do sistema fissural em função do aumento progressivo da profundidade, uma vez que o índice de fraturas interconectadas diminui com o aumento da pressão de soterramento e diminuição do grau de alteração da rocha. As espessuras de cada segmento foram definidas com base nos dados de sondagens realizadas durante as fases de pesquisa mineral (Quadro 12.15). Os valores dos índices de fraturas interconectadas são definidos com base: na comparação com rochas similares que sofreram processos tectônicos e intempéricos similares, por medidas de aberturas de fraturas em afloramentos, pelo comportamento reológico dos diferentes materiais que compõem as rochas e a partir da vazão média do aquífero.

**QUADRO 12.15 - Área utilizada para os cálculos das reservas renováveis. A recarga efetiva foi considerada a partir do balanço hídrico climatológico qualitativo, sendo representada por um percentual relativo à altura pluvial média anual.**

Sistemas Domínio Fissural	Área - m <sup>2</sup>	Recarga Efetiva - %	Início do Intervalo	Fim do Intervalo	Δb (m)
Metassedimentos Alterados	55.000.000	4	25	40	15
Metassedimentos Não Alterados	55.000.000	2	40	100	60

Uma diretriz geral utilizada na definição dos parâmetros foi sua subestimação, de forma que os resultados sejam conservadores.

Com relação à poligonal dos aquíferos fissurais foi considerada uma poligonal quadrada com lado de 7,4 km na qual a área diretamente afetada fica localizada na porção central. Os valores estão apresentados no Quadro 12.16.

Quanto à recarga efetiva do sistema fraturado é considerado que apenas parte das águas que chegam à zona saturada do meio intergranular sobreposto alcançará os meios fissurais. Assim são consideradas taxas de recarga efetiva para os dois segmentos do sistema fissural como mostrado no Quadro 12.16.

**QUADRO 12.16 - Parâmetros utilizados para as estimativas das reservas permanentes nos sistemas aquíferos fissurais da área em estudo.**

Sistema Domínio Fissural	I <sub>ff</sub> (%)
Metassedimentos Alterados	1,5
Metassedimentos Não Alterados	0,4

### ***Reservas Renováveis do Domínio Fraturado***

As reservas reguladoras do meio fraturado serão estimadas a partir da consideração de que esses aquíferos são alimentados diretamente pelas águas infiltradas no meio poroso sobreposto. Assim, serão considerados percentuais variáveis para cada sistema/subsistema em virtude do grau de fraturamento interconectado, que facilita a percolação das águas e conseqüente transferência das águas rasas para os meios mais profundos. A seguir são apresentados os resultados das estimativas:

Porção Alterada =  $55 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0,9 \text{ m/ano} \times 0,04 = \mathbf{1,98 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}}$ ;

Porção Não Alterada =  $55 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0,9 \text{ m/ano} \times 0,02 = \mathbf{9,90 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}}$ .

### ***Reservas Permanentes do Domínio Fraturado***

Para o caso dos meios fraturados que apresentam índice de fraturas interconectadas que diminuem com o aumento da profundidade, serão determinadas as reservas permanentes para dois intervalos. A reserva total para o Domínio Fissural será a soma dos dois intervalos. Os resultados estão apresentados a seguir e são discriminados da seguinte forma: intervalo mais raso - Porção Alterada e intervalo mais profundo - Porção Não Alterada.

Porção Alterada =  $55 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 15 \text{ m} \times 0,015 = \mathbf{1,24 \times 10^7 \text{ m}^3}$ ;

Porção Não Alterada =  $55 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 60 \text{ m} \times 0,004 = \mathbf{1,32 \times 10^7 \text{ m}^3}$ .

### ***Disponibilidade Efetiva***

Para a determinação das disponibilidades para cada sistema / subsistema fraturado serão aplicados os parâmetros apresentados no Quadro 12.17. Como já discutido, será considerada a reserva renovável somada a um percentual da reserva permanente, variável para cada sistema/subsistema em função das condições de circulação e tipo de cobertura de solo predominante.

Os valores do percentual anual da reserva permanente que poderá compor a reserva explorável (disponibilidade) foram definidos com base nos comentários de Alley (2007) e no conhecimento preliminar dos aquíferos. Deve-se ressaltar que se trata de um percentual máximo e que a exploração do aquífero não é homogênea durante todo o ano (em geral a demanda é diminuída nos períodos chuvosos e ampliada de forma sensível nos meses mais secos do ano). O mesmo raciocínio pode ser usado para a questão da necessidade de rebaixamento para viabilização da lavra (o bombeamento deverá ser maior no período chuvoso e menor na época seca).



### QUADRO 12.17 - Síntese dos percentuais disponíveis da reserva permanente para a composição da reserva explorável.

Domínio Aquífero	% da Reserva Permanente Disponível	Observações
Sistema P1	8	Ocorre em sua mais ampla área sobre latossolos arenosos com relevo suave ondulado.
Sistema P2	5	Ocorre em áreas de cambissolos com relevo ondulado.
Porção Alterada	3	Os sistemas superficiais apresentam perdas por interfluxo para alimentação de nascentes e drenagens superficiais.
Porção Não Alterada	zero	Restrita circulação.

Para os cálculos será aplicada seguinte equação:  $Re = Rr + \%Rp /ano$ , de forma que as dimensões dos dois termos da soma sejam  $m^3/ano$ . Os resultados são apresentados a seguir:

Sistema P1

$$Re = 2,38 \times 10^6 \text{ m}^3/ano + 6,60 \times 10^7 \text{ m}^3 \times 8\%/ano = 7,66 \times 10^6 \text{ m}^3/ano$$

Sistema P2

$$Re = 7,92 \times 10^5 \text{ m}^3/ano + 6,60 \times 10^6 \text{ m}^3 \times 5\%/ano = 1,12 \times 10^6 \text{ m}^3/ano$$

Sistema Metassedimentos Alterados

$$Re = 1,98 \times 10^6 \text{ m}^3/ano + 1,24 \times 10^7 \text{ m}^3 \times 3\%/ano = 2,35 \times 10^6 \text{ m}^3/ano$$

Sistema Metassedimentos Não Alterados

$$Re = 9,90 \times 10^5 \text{ m}^3/ano + zero = 9,90 \times 10^5 \text{ m}^3/ano$$

Portanto a disponibilidade hídrica anual dos aquíferos que deverão ser afetados na área em que ocorrerá operação minerária (lavra, deposição de estéreis, vias de acessos, etc) alcança a soma de  $1,11 \times 10^7 \text{ m}^3/ano$  ou **352,9 l/s**.

Como parte desta disponibilidade já drena para a rede de nascentes e de cursos superficiais, fica evidenciado que as vazões para o desaguamento e para manutenção dos níveis rebaixados (durante o período da lavra) deverão ser reduzidas. Ainda é necessário ressaltar que a disponibilidade foi estimada de forma global, e a lavra deverá ocorrer de forma gradual, limitando assim as vazões de desaguamento para diferentes períodos de operação da mina.

A diferença entre a vazão obtida por meio de cálculo de reservas e aquelas obtidas a partir do fluxo de base é decorrente do fato de que as estimativas pelas equações consideram o rebaixamento e uma recarga induzida pelos cones de depressão, enquanto as vazões de base são apenas obtidas da descarga do Sistema P<sub>1</sub>. Por isto, as estimativas incluindo todos os aquíferos resultam em valor de cerca de 3 vezes maior que aquela obtida pelo fluxo de base dos exutórios.

A estimativa das reservas foi apenas realizada na área da futura cava e adjacências, uma vez que a obra da adutora não deverá causar qualquer efeito sobre os aquíferos. Trata-se de uma obra linear, com estreita faixa diretamente afetada e que interfere apenas na zona não saturada dos aquíferos.

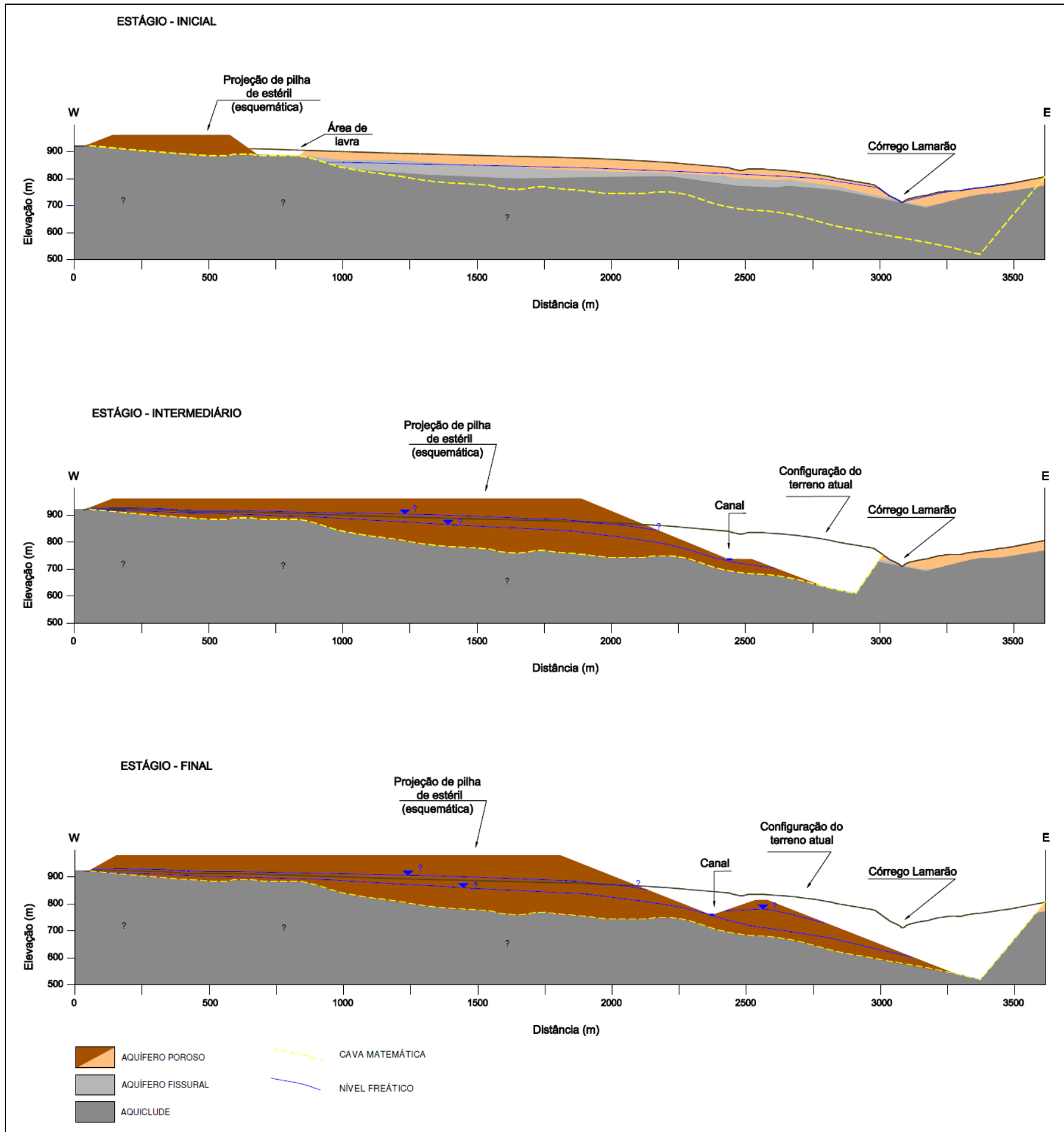
#### **12.6.2.6 - Cenários de Exploração de Águas Subterrâneas**

Durante a **fase de instalação** do empreendimento não há previsão de exploração de águas subterrâneas para fins de abastecimento do canteiro de obras, tendo em vista a restrita vocação hidrogeológica dos aquíferos locais.

Durante a **fase de operação** do empreendimento, o avanço da lavra do minério de ferro será feito com a concomitante disposição de estéril e rejeito nas partes da cava já exauridas, ou seja, na retaguarda da frente de lavra (sequenciamento verde). O fundo da cava se estabelecerá quando a parte superior do estéril de base for atingida, sendo que, na cava, essa cota de fundo decresce com suave mergulho para E.

As informações coletadas e organizadas até o momento permitem que se esboce, de forma conceitual, como será a interferência da água subterrânea no avanço da lavra, e vice-versa. Ressalta-se que esse esboço é calcado em informações preliminares sobre a evolução da cava e em informações qualitativas observadas em campo. Somente com o desenvolvimento dos estudos hidrogeológicos mais detalhados, em fases posteriores do Projeto, será possível aperfeiçoar o entendimento dessas interferências. Para o estabelecimento de cenários futuros, foram consideradas as três seções esquemáticas W-E, mostradas na Figura 12.28, que ilustram diferentes estágios de desenvolvimento da lavra e de disposição de rejeito/estéril no empreendimento. Para a análise de como a água subterrânea deverá intervir na mina, é necessário, também, considerar as duas frentes de movimentação de materiais na mina: a da escavação da cava e a do preenchimento da cava exaurida com o estéril/rejeito.

**FIGURA 12.28 - Seções esquemáticas representando diferentes etapas de desenvolvimento da cava e a disposição de estéril e rejeito**





### ***Na Frente da Escavação***

No início da lavra, quando a cava estiver sendo desenvolvida na sua porção oeste, não deverá haver interferência com o lençol freático. Esta somente se manifestará quando o fundo da escavação começar a ultrapassar, aproximadamente, 30 m de profundidade.

Em primeiro lugar, observa-se que, conforme expressado anteriormente, em grande parte da área do complexo minerário a água subterrânea encontra-se armazenada principalmente no aquífero fissural; portanto, a maior parte da cobertura de solo e de saprolitos encontra-se não-saturada. Do ponto de vista de lavra da mina, esse fato é positivo, pois o armazenamento de água nas fraturas (sendo claramente menor do que seria se o aquífero poroso estivesse saturado) acarreta em menor aporte de água para a cava, quando esta estiver sendo desenvolvida em níveis inferiores ao nível freático no entorno. Quando a lavra começar a escavar os metadiamicritos compactos pouco fraturados ou são, a água afluyente à cava será advinda somente das porções superiores, uma vez que esse material lavrado em profundidade praticamente não armazena e nem conduz água (aquicluda) e, portanto, não contribui com aportes de água subterrânea para a cava.

Considerando o baixo coeficiente de armazenamento do aquífero fissural, as boas condições geotécnicas do maciço e a baixa taxa de infiltração de água no platô ainda não-lavrado concebe-se que o desaguamento de água subterrânea na cava poderá ocorrer mediante condução da água aflorante nos taludes para "sumps", estrategicamente localizados nas bermas da cava, sendo deles, recalçada para fora da cava (rebaixamento passivo). Essa água, portanto, poderá ser interceptada ainda em cotas elevadas (próximas da cota 790 m).

Por fim, ressalta-se que a constante detonação do maciço para promoção da lavra poderá aumentar a densidade do faturamento no maciço. Do ponto de vista do manejo de água subterrânea isso também é positivo, pois permite um escoamento mais rápido da água subterrânea ao mesmo tempo em que promove alívio das pressões hidrostáticas nos taludes da cava.

### ***Na frente de Disposição de Estéril/Rejeito***

Situação bastante distinta deverá ocorrer na frente de disposição de estéril / rejeito, os quais deverão ocupar a área de cava já exaurida, nos moldes previstos pelo sequenciamento verde.

Em primeiro lugar, nota-se que esse material, disposto de forma combinada, deverá formar um maciço bastante heterogêneo (Figura 12.28), composto de solos, saprolitos e blocos de rocha de tamanhos variados - correspondendo ao estéril da mina - assim como de sólidos em fração fina (provavelmente com distribuição granulométrica similar à de uma areia fina) - correspondente aos rejeitos. Dessa forma, esse maciço poderá apresentar boas condições de armazenamento de água nas suas porções inferiores, na medida em que a fração fina for se deslocando verticalmente e se adensando. Além disso, possuindo textura mais grosseira, o material superior poderá se apresentar bastante favorável à infiltração de águas pluviais. Assim, a pilha de estéril/rejeito que se formará na cava já exaurida deverá se constituir em maciço com boa capacidade de armazenamento e condução de água subsuperficial (o que a define como aquífero), cuja armazenabilidade de água (em termos de volume/área de infiltração) poderá ser muito superior àquela atualmente existente na mesma área.

Assim, concebe-se que o pé da pilha de estéril/rejeito, assentado sobre o maciço compacto, deverá ser uma área com constante descarga de água subterrânea, provinda da própria pilha. Dessa forma, o manejo de água subterrânea para prover o desaguamento da frente de lavra deverá levar esse fato em consideração. Caso o maciço da pilha não receba nenhum tratamento específico (como construção de barreiras horizontais), o desaguamento dessa água deverá ser realizado quase sempre nas cotas mais inferiores da frente de lavra, mediante sua condução para "sumps", possivelmente, para posterior recalque para fora da cava.

Durante a **fase de descomissionamento** do empreendimento, após o cessamento da lavra, a tendência natural é de que se forme um lago na área compreendida entre o canal de desvio do córrego Lamarão e a borda leste da cava. O ponto extravasor desse lago deverá ser no encontro do eixo original do córrego Lamarão e a borda da cava, na sua porção norte.

De certa forma, o erguimento dessa pilha de rejeito/estéril sobre a área já lavrada poderá acarretar, também, em uma mudança no regime hidrológico dos cursos d'água no entorno da cava, especialmente no córrego Lamarão, após o descomissionamento da mina. Isso porque essa pilha de rejeito/estéril deverá ter comportamento oposto àquele presente na área nas condições atuais, quais sejam: o maciço poderá promover uma maior taxa de infiltração de águas pluviais que, uma vez infiltradas, poderão ser liberadas mais abundantemente nos pontos de descarga, notadamente no lago que se formará na parte leste da cava e, do lago, para o córrego Lamarão. Portanto, após o descomissionamento da mina, existe a possibilidade de que se crie, localmente - na área da pilha de estéril/rejeito, um sistema aquífero poroso com maior disponibilidade hídrica do que aquele existente atualmente na mesma área.

Ressalta-se, aqui, que este modelo de interferência da água subterrânea com a lavra tem caráter conceitual e não considera diversas questões geotécnicas relevantes, tais como a estabilidade da pilha de estéril/rejeito em condições de saturação parcial ou total. Também não foram consideradas questões do desaguamento da cava relativas à precipitação direta que, via de regra, condicionam de forma preponderante o dimensionamento dos componentes do sistema de desaguamento (canais, "sumps", bombas, adutoras, etc.). Todos esses aspectos deverão ser estudados detalhadamente nas fases seguintes de desenvolvimento do empreendimento.

### **12.6.2.7 - Qualidade das Águas Subterrâneas**

A análise da qualidade das águas subterrâneas é apresentada no item 12.7.

### **12.6.2.8 - Usos das Águas Subterrâneas**

Os usos das águas subterrâneas encontram-se descritos no item 11.2.2.1.1.2 deste módulo.

### **12.6.3 - Conclusões**

Após análise detalhada dos dados disponíveis, foi possível estabelecer um modelo conceitual para análise da interconexão de aquíferos e cursos d'água e para o estabelecimento das principais interferências do empreendimento nesses recursos:

- Na área do complexo minerário ocorrem dois sistemas aquíferos principais: Domínio Poroso (superior, representado pelos solos, saprolitos e metadiamicitios muito intemperizados) e Domínio Fissural (inferior representado pelos metadiamicitios alterados e compactos, fraturados). Na base, ocorre um aquíclode, representado pelos metadiamicitios compactos, pouco alterados e pouco fraturados a maciços.
- Em função das condições de circulação, principalmente da condutividade hidráulica, a porção superficial foi dividida nos sistemas  $P_1$  e  $P_2$ .
- Os aquíferos são relativamente delgados, o que, aliado à restrita pluviosidade da região (da ordem de 900 mm/ano), imprimem à área uma restrita vocação hidrogeológica relativa local, verificada pela baixa produção dos poços tubulares que exploram os aquíferos fissurais na região;
- Nos platôs, a água subterrânea encontra-se em profundidade, armazenada principalmente no sistema aquífero fissural. A recarga dos aquíferos na área do complexo minerário se faz por infiltração direta da precipitação nos solos, notadamente nas extensas áreas planas (Sistema  $P_1$ ), que coincidem com os topos dos platôs. Porém, estima-se que a taxa de recarga seja baixa. A descarga da água subterrânea é processada em nascentes que ocorrem nas escarpas ao redor dos platôs e nos vales encaixados em cotas mais baixas;
- O desaguamento do aquífero, na frente de lavra da cava, poderá ser processado passivamente aproveitando-se do escoamento natural da água subterrânea pelos taludes, por gravidade, até "sumps" escavados nas bermas da cava, sendo recalçadas, desses, para a barragem, onde a água será armazenada para regularização das vazões das drenagens superficiais. Também será necessário o recalque da água advinda do armazenamento na pilha de estéril e rejeito;

- Durante a fase de descomissionamento do empreendimento, após a conclusão dos trabalhos de lavra, a tendência natural é de que se forme um lago na área compreendida entre o canal de desvio do córrego Lamarão e a borda leste da cava. É possível que a disponibilidade hídrica subterrânea seja incrementada na área em função do armazenamento de água na pilha de estéril e rejeito, disposta na cava já exaurida;
- A disponibilidade de água subterrânea nas áreas a serem afetadas e suas adjacências resulta em valores da ordem de  $1 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$ . A precisão dos cálculos pode ser ampliada a partir de dados futuros de monitoramento de níveis freáticos, medidas de vazões nos exutórios e obtenção de dados climáticos locais;
- Os resultados apresentados neste diagnóstico são considerados consistentes e adequados aos objetivos do estudo (Licenciamento Ambiental). O conjunto de dados e informações primárias e secundárias, bem como sua avaliação mostra que do ponto de vista das interferências com os aquíferos locais o empreendimento é ambientalmente viável; e,
- A empresa Sul Americana de Metais /SA - SAM - está atenta para a necessidade de estudos hidrogeológicos mais detalhados e abrangentes que permitirão estabelecer com maior precisão alguns pontos importantes para o entendimento do contexto hidrogeológico na área do empreendimento. Esses estudos deverão ser conduzidos nas fases seguintes operacionais do Projeto (de forma geral, no âmbito dos Programas Ambientais).

## 12.7 - Qualidade físico-química das águas superficiais e subterrâneas

Este item apresenta uma avaliação da qualidade físico-química das águas superficiais e subterrâneas das áreas de estudo do complexo minerário e adutora, bem como das respectivas áreas de entorno.

A avaliação da qualidade das águas foi feita por meio da consolidação dos resultados do monitoramento físico-químico e bacteriológico das águas superficiais e subterrâneas, para fins de determinação do *background* na área onde será implantado o empreendimento.

O monitoramento tem como objetivo oferecer um levantamento do *background* da qualidade das águas superficiais e subterrâneas para registro das condições ambientais anteriormente às atividades pretendidas pelo empreendimento e para o acompanhamento futuro dos parâmetros indicadores da manutenção da qualidade ambiental da área.

Considerando-se a avaliação da qualidade das águas na área de entorno das estruturas previstas pelo empreendimento, foram considerados os resultados dos seguintes pontos / campanhas:



- Qualidade das águas superficiais: Seis pontos localizados no entorno da área da mina e dois pontos localizados nas proximidades da adutora, com campanhas de monitoramento realizadas em fevereiro de 2011 (período chuvoso) e em julho de 2011 (período seco);
- Qualidade das águas subterrâneas: Cinco pontos localizados no entorno da área da mina, com campanhas de monitoramento realizadas em fevereiro de 2011 (período chuvoso) e julho de 2011 (período seco).

## 12.7.1 - Metodologia

### 12.7.1.1 - Identificação dos pontos de monitoramento

A escolha dos pontos de monitoramento foi feita de forma a abranger as drenagens superficiais no entorno do futuro empreendimento e os pontos de coleta de água subterrânea, localizados estrategicamente ao longo da área. O quadro 12.18 apresenta a identificação dos pontos de monitoramento propostos. A localização dos pontos amostrados, para as áreas da mina e adutora, é apresentada nas figuras 12.29 e 12.30, respectivamente.

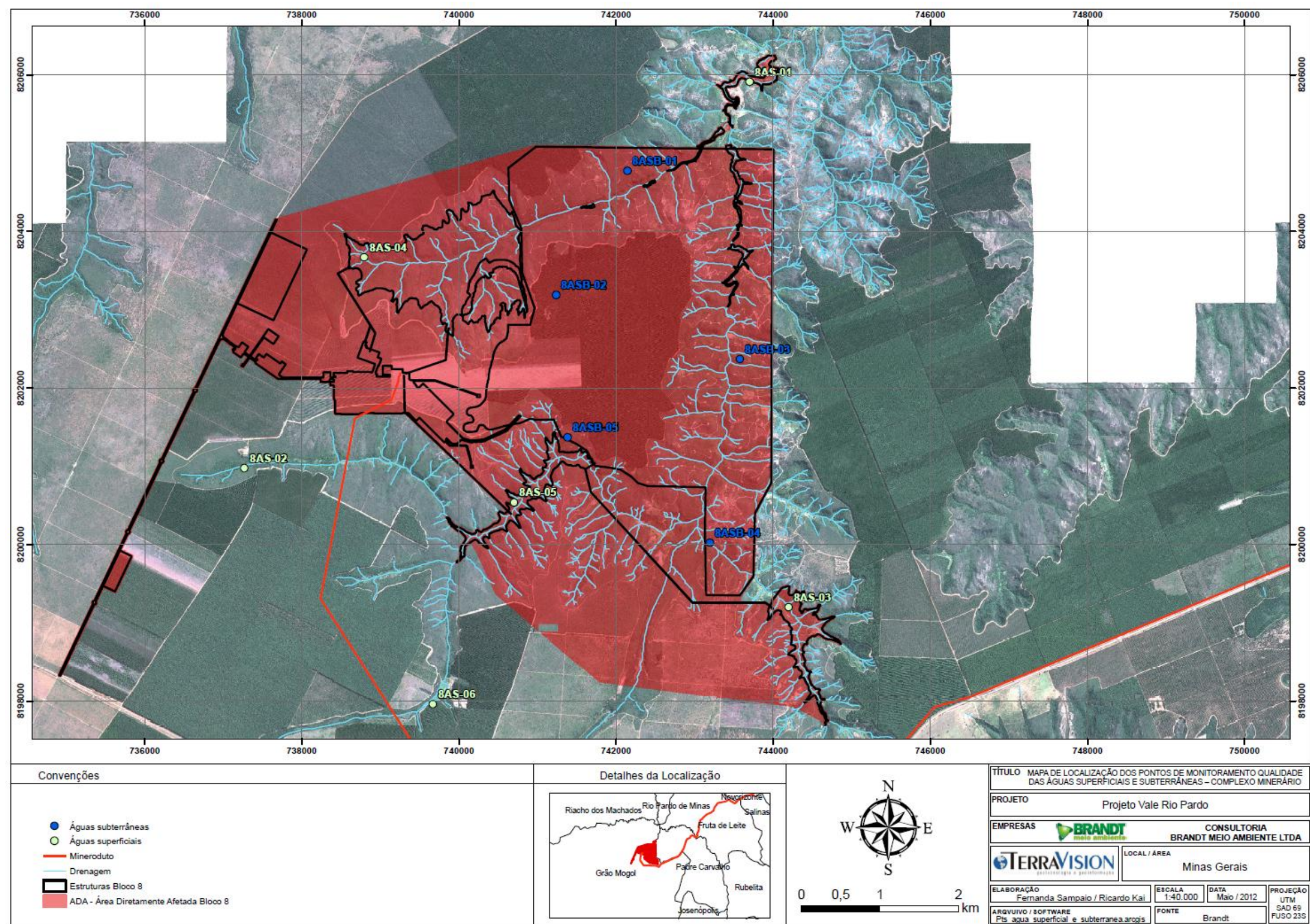
**QUADRO 12.18 - Pontos de Monitoramento das águas superficiais e subterrâneas da área de implantação e entorno do empreendimento**

Nomenclatura	Natureza da Amostra	Local	Coordenadas UTM
8AS-01	Superficial - área da mina	Córrego Lamarão, próximo à comunidade - jusante da área da cava	X: 743702 E Y: 8205910 N
8AS-02		Córrego Capão da Onça - montante da área do empreendimento	X: 737273 E Y: 8200975 N
8AS-03		Córrego do Vale - montante da área do empreendimento	X: 744200 E Y: 8199198 N
8AS-04		Córrego Novo Mundo, área da futura barragem	X: 738796 E Y: 8203666 N
8AS-05		Córrego Lamarão, em proximidade à área do empreendimento	X: 740705 E Y: 8200536 N
8AS-06		Córrego Lamarão - montante da área do empreendimento	X: 739672 E Y: 8197959 N
AASP 01	Superficial - área da adutora	Córrego Buriti, a 100 m da travessia	X: 749.694 E Y: 8.181.439 N

*Continuação*

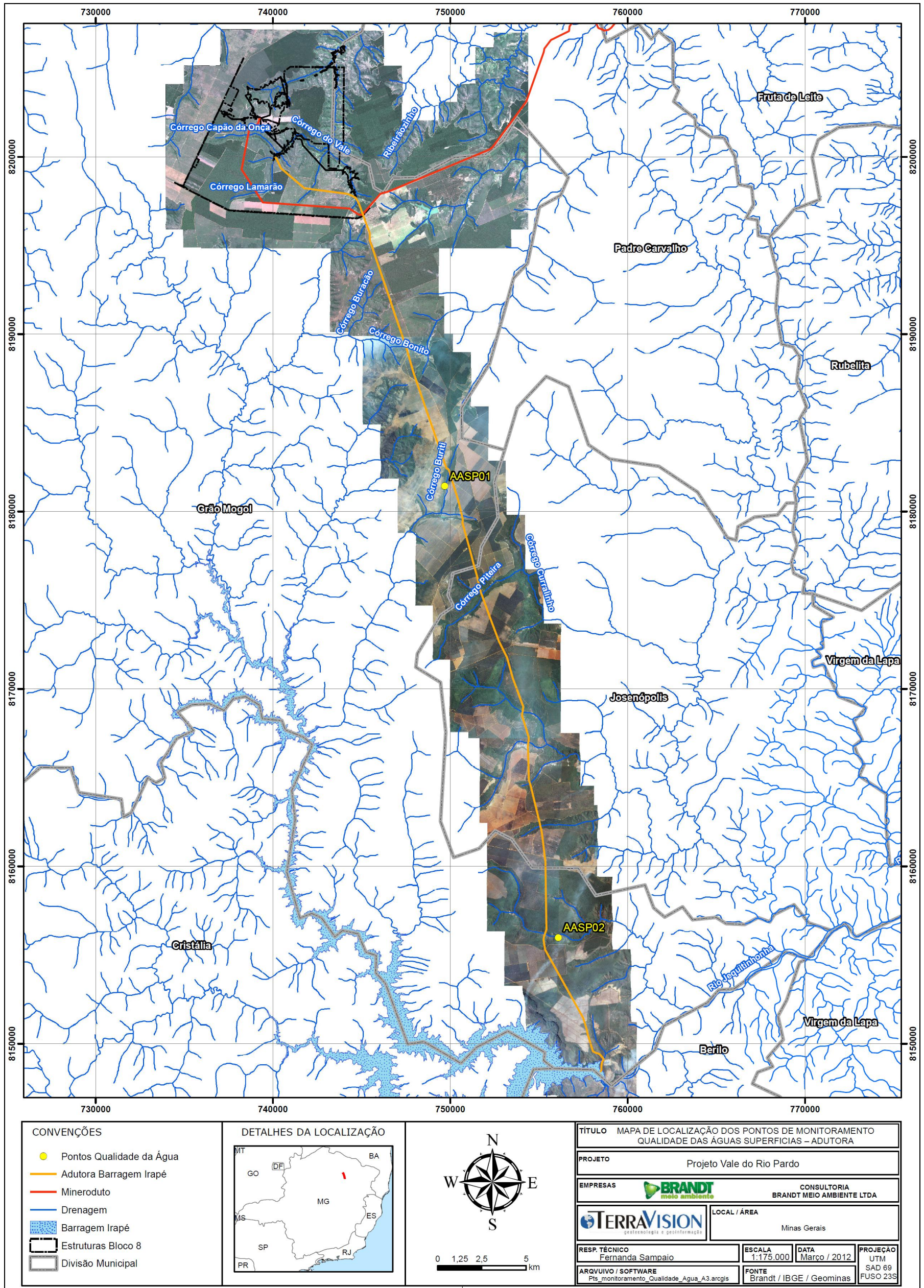
<b>Nomenclatura</b>	<b>Natureza da Amostra</b>	<b>Local</b>	<b>Coordenadas UTM</b>
AASP 02	Superficial - área da adutora	Córrego sem Nome	X: 756.091 E Y: 8.155.984 N
8ASB-01	Subterrânea - área da mina	Limite norte da área da cava	X: 742146 E Y: 8204771 N
8ASB-02		Limite oeste da área da cava	X: 741239 E Y: 8203188 N
8ASB-03		Limite leste da área da cava	X: 743579 E Y: 8202366 N
8ASB-04		Limite sul da área da cava	X: 743196 E Y: 8200022 N
8ASB-05		Limite sudoeste da área da cava	X: 741387 E Y: 8201369 N

**FIGURA 12.29 - Mapa de Localização dos Pontos de Monitoramento das águas superficiais e águas subterrâneas - Complexo Minerário**





**FIGURA 12.30 - Mapa de Localização dos Pontos de Monitoramento das águas superficiais e águas subterrâneas - Adutora**





### 12.7.1.2 - Parâmetros de Análise

O quadro a seguir apresenta os parâmetros analisados para os pontos de monitoramento identificados anteriormente.

**QUADRO 12.19 - Relação de parâmetros de monitoramento**

Pontos	Parâmetros físico-químicos	Parâmetros bacteriológicos
Águas Superficiais	<p>- Inorgânicos:                      Alcalinidade Total, Alumínio Solúvel, Antimônio Total, Arsênio Total, Bário Total, Berílio Total, Boro Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cianeto Livre, Cloretos, Cloro residual livre, Clorofila-a, Cobalto Total, Cobre Solúvel, Condutividade Elétrica à 25°C, Cor Verdadeira, Cromo Total, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Ferro Solúvel, Fluoretos, Fósforo Total, Lítio Total, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Nítrico (Nitrato), Nitrogênio Nitroso (Nitrito), Nitrogênio Total, Óleos e Graxas Totais, Oxigênio Dissolvido, Potássio Total, Prata Total, Selênio Total, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Sulfatos, Sulfetos de Hidrogênio (H<sub>2</sub>S não dissociado), Turbidez, Urânio Total, Vanádio Total, Zinco Total, Temperatura da Água, pH in natura à 25°C;</p> <p>- Orgânicos:                      2,4,5-T, 2,4,5-TP, 2,4-D, Benzydina, Dodecacloro Pentaciclodecano, Glifosato, Gution, PCB's-Bifenilas Policloradas, Toxafeno, Tributilestanho, 1,1-Dicloroeteno, 1,2-Dicloroetano, 2,4,6-Triclorofenol, 2,4-Diclorofenol, 2-Clorofenol, Acrilamida, Alaclor, Aldrin e Dieldrin, Atrazina, Benzeno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (k) fluoranteno, Carbaril, Clordano (Isômeros), Criseno, DDT, Demeton (Demeton-O e Demeton-S), Dibenzo (a,h) antraceno, Diclorometano, Endossulfan (a,b,sulfato), Endrin, Estireno, Etilbenzeno, Fenóis Totais, Gama BHC (Lindano), Heptacloro e Heptacloro Epóxido, Hexaclorobenzeno, Indeno (1,2,3,cd) pireno, Malathion, MBAS, Metalacloro, Metoxicloro, Parathion, Pentaclorofenol, Simazina, Tetracloroeto de Carbono, Tetracloroeteno, Tolueno, Triclorobenzenos, Tricloroeteno, Trifluralina, Xileno.</p>	Coliformes Termotolerantes (Fecais)

Continuação

Pontos	Parâmetros físico-químicos	Parâmetros bacteriológicos
Águas Subterrâneas	- Inorgânicos: Alumínio Total, Antimônio Total, Arsênio Total, Bário Total, Berílio Total, Boro Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cianetos Totais, Cloretos, Cobre Total, Condutividade Elétrica à 25°C, Cromo Total, Ferro Total, Fluoretos, Manganês Total, Mercúrio Total, Molibdênio Total, Níquel Total, Nitrogênio Nítrico (Nitrato), Nitrogênio Nitroso (Nitrito), Prata Total, Selênio Total, Sódio Total, Sólidos Dissolvidos Totais, Sulfatos, Urânio Total, Vanádio Total, Zinco Total, Temperatura da Água, pH in natura à 25°C;  - Orgânicos: 1,1,2-Tricloroetano, 2,4-D, Aldicarb + Ald., Carbofuran, Clorotalonil, Clorpirifós, Glifosato, Metolacloro, PCB's-Bifenilas Policloradas, Pendimentalina, Permetrina, 1,1-Dicloroetano, 1,2-Diclorobenzeno, 1,2-Dicloroetano, 1,2-Dicloroetano-Cis, 1,4-Diclorobenzeno, Acrilamida, Alaclor, Aldrin e Dieldrin; Atrazina, Bentazona, Benzeno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (k) fluoranteno, Benzo (k) fluoranteno, Clordano (Isômeros), Cloreto de Vinila, Clorofórmio, Criseno, DDT, Dibenzo (a,h) antraceno, Diclorometano, Endossulfan (a,b,sulfato), Endrin, Estireno, Etilbenzeno, Fenóis Totais, Gama BHC (Lindano), Heptacloro e Heptacloro Epóxido, Hexaclorobenzeno, Indeno (1,2,3,cd) pireno, Malathion, Metoxicloro, Molinato, Pentaclorofenol, Propanil, Simazina, Tetracloroeto de Carbono, Tetracloroetano, Tolueno, Triclorobenzenos, Trifluralina, Xileno.	Coliformes Termotolerantes (Fecais), Escherichia Coli

### 12.7.1.3 - Frequência do monitoramento

As amostragens de água superficial e subterrânea ocorreram em duas campanhas de monitoramento, realizadas em fevereiro de 2011 (período chuvoso) e julho de 2011 (período seco).

### 12.7.1.4 - Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos - Métodos de coleta, preservação e processamento das amostras submetidas às análises

A orientação básica para a execução das amostragens das águas superficiais foi feita a partir das diretrizes exigíveis pela ABNT previstas nas normas:

- **NBR 9897** - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento;
- **NBR 9898** - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento.

As coletas das amostras de águas superficiais foram efetuadas pela submersão sub-superficial de um pote de polietileno, com boca larga, selecionando-se pontos de amostragem representativos, evitando-se a coleta em áreas estagnadas, em pontos de remanso ou muito próximos às margens.



A orientação básica para a execução das amostragens das águas subterrâneas foi feita a partir das diretrizes previstas na norma:

- **NBR 13.895** - Construção de poços de monitoramento e amostragem - Procedimento.

As metodologias de preservação e análises físico-químicas seguiram os métodos analíticos presentes no STANDARD METHODS FOR THE ANALYSIS OF WATER AND WASTEWATER, ou métodos EPA, em sua última edição.

#### 12.7.1.5 - Normas e Legislação Ambiental

Para a caracterização da qualidade das águas superficiais, os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos foram avaliados quanto à sua magnitude, de acordo com os padrões previstos pela legislação estadual em vigor, Deliberação Normativa Conjunta COPAM / CERH-MG nº 01, de maio de 2008. Observa-se que, para a qualidade das águas, essa deliberação encontra-se em consonância com a legislação federal vigente, representada pela Resolução CONAMA 357/2005, Resolução CONAMA 397/2008 e Resolução CONAMA 430/2011.

Em virtude dos cursos d'água avaliados no presente estudo ainda não possuírem enquadramento, eles estão sendo comparados com os padrões para as águas doces classificadas como Classe 2 da Deliberação Normativa Conjunta COPAM / CERH-MG 01/2008, conforme determina o *Artigo 37º* desta deliberação.

Para a caracterização das águas subterrâneas, os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos são avaliados quanto à sua magnitude, de acordo com a Resolução CONAMA nº 396 de 03 de abril de 2008, a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, dentre outras providências.

Deve ser observado que a comparação dos resultados de monitoramento com os valores de referência constantes na Resolução CONAMA 396/2008, em seu Anexo 1, visa à caracterização das águas subterrâneas em relação à classificação ambiental então proposta. Nesse contexto de avaliação dos resultados também são abordadas algumas considerações teóricas sobre a classificação das águas, as quais não estão relacionadas propriamente com os resultados obtidos. Todas essas observações serão feitas no subitem a seguir, referente à apresentação dos resultados e discussão.

Considerando-se ainda as águas subterrâneas, adicionalmente aos valores de referência do Anexo 1 da Resolução CONAMA nº 396/2008, os resultados podem ser comparados aos valores orientadores para investigação de áreas contaminadas, conforme a Resolução CONAMA nº 420 de 28 de dezembro de 2009.

De acordo com a referida Resolução, os valores de investigação para águas subterrâneas se constituem nas concentrações acima das quais existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado.

Deve ser ressaltado que a Resolução CONAMA 420/2009 está relacionada ao gerenciamento ambiental de áreas contaminadas e a comparação dos resultados com esses valores visa apenas uma avaliação quanto à possibilidade de contaminação atual da área e não com valores de referência para sua qualidade.

## **12.7.2 - Resultados e discussão**

### **12.7.2.1 - Caracterização das águas superficiais da área da mina**

Este subitem apresenta uma avaliação dos resultados obtidos para a qualidade das águas superficiais da área de entorno da mina. O quadro 12.20 apresenta os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento supracitadas.

### QUADRO 12.20 - Resultados de monitoramento da qualidade das águas superficiais - Área da mina

Parâmetro	Unidade	COPAM/CERH 01/2008 - Águas Doces Classe 2	8AS-01		8AS-02		8AS-03		8AS-04		8AS-05		8AS-06	
			fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11*	jul/11	fev/11	jul/11
Berílio Total	mg/L	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01
Lítio Total	mg/L	2,5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,02
Urânio Total	mg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01
Alcalinidade Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	8	2	3	3	11	3	3	5	-	9	3	<2
Alumínio Solúvel	mg/L	0,1	<0,1	0,04	<0,1	0,02	<0,1	<0,02	<0,1	0,04	-	0,03	<0,1	0,02
Antimônio Total	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<b>0,006</b>	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005
Arsênio Total	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01
Bário Total	mg/L	0,7	<0,1	<0,02	<0,1	0,09	<0,1	<0,02	<0,1	<0,02	-	0,04	<0,1	0,03
Boro Total	mg/L	0,5	0,22	<0,01	0,06	0,27	0,25	<0,01	0,28	0,14	-	0,1	0,22	<0,12
Cádmio Total	mg/L	0,001	<0,0005	<0,001	<0,0005	<0,001	<0,0005	<0,001	<0,0005	<0,001	-	<0,001	<0,0005	<0,001
Chumbo Total	mg/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005
Cianeto Livre	mg/L	0,005	<0,002	<b>0,006</b>	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002
Cloretos	mg/L	250	<1,00	1,01	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	-	<1,00	<1,00	<1,00
Cloro residual livre	mg/L	0,01 (cloro residual total - combinado + livre)	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	-	-	<0,01	-
Clorofila-a	µg/L	30	<0,1	0,3	<0,1	<b>63,2</b>	0,6	1,2	0,7	0,2	-	0,3	1	0,2
Cobalto Total	mg/L	0,05	<0,01	<0,02	<0,01	<0,02	<0,01	<0,02	<0,01	<0,02	-	<0,02	<0,01	<0,02
Cobre Solúvel	mg/L	0,009	<0,05	0,001	<0,005	0,001	<0,005	0,001	<0,005	0,002	-	0,001	<0,005	<0,001
Coliformes Termotolerantes (Fecais)	Org/100mL	1000	90	3	6	21	22	47	<1	58	-	10	9	70
Condutividade Elétrica à 25°C - µS/cm (ac)	□S/cm	-	13,2	4,97	19	10,71	57,4	4,97	13,2	13,67	-	14,68	26,8	9
Cor Verdadeira a pH 7	mg/L	75	20	5	5	5	25	10	<5	10	-	10	10	5
Cromo Total	mg/L	0,05	<0,005	<0,01	<0,005	0,01	<0,005	<0,01	<0,005	<0,01	-	<0,01	<0,005	<0,01
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	5	<2,0	<2,0	<2,0	2,9	<2,0	2,1	2,1	2,3	-	<2,0	3,1	2,5
Ferro Solúvel	mg/L	0,3	0,24	<0,02	<0,05	<0,02	<b>0,37</b>	0,04	<0,05	0,13	-	0,11	<0,05	0,02
Fluoretos	mg/L	1,4	0,07	0,4	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,1	0,06	-	<0,05	<0,05	0,06
Fósforo Total	mg/L P	0,030 (ambientes lênticos); 0,05 (ambientes intermediários); 0,1 (ambientes lóticos)	0,036	<0,010	<0,010	0,022	<0,010	<0,010	<0,010	0,011	-	<0,010	0,011	<0,010
Manganês Total	mg/L	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05
Mercurio Total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel Total	mg/L	0,025	<0,005	0,002	<0,005	0,003	<0,005	0,002	<0,005	0,003	-	0,001	<0,005	0,002
Nitrogênio Amoniacal (Amônia)	mg/L N	3,7 (pH≤7,5); 2,0 (7,5<pH≤8,0); 1,0 (8,0<pH≤8,5); 0,5 (pH>8,5).	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	-	<0,04	<0,04	<0,04
Nitrogênio Nítrico (Nitrato)	mg/L N	10	<0,10	<0,10	<0,10	0,11	<0,10	0,11	<0,10	<0,10	-	0,1	<0,10	0,11
Nitrogênio Nitroso (Nitrito)	mg/L N	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrogênio Total	mg/L N	-	<0,10	0,38	<0,10	0,11	<0,10	0,24	<0,10	0,12	-	0,1	<0,10	0,11
Óleos e Graxas Totais	mg/L	virtualmente ausentes	<1	<1	1	<1	3	<1	<1	<1	-	<1	<1	<1
Oxigênio Dissolvido (ac)	mgO <sub>2</sub> /L	≥5	6,72	6,53	5,89	6,63	5,61	7,67	<b>4,84</b>	8,22	-	7,92		7,6
Potássio Total	mg/L	-	0,46	0,4	0,11	0,7	0,68	0,3	0,18	0,8	-	0,9	0,19	0,5
Prata Total	mg/L	0,01	0,001	<0,002	<0,001	<0,002	<0,001	<0,002	<0,001	<0,002	-	<0,002	<0,001	<0,002
Selênio Total	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	9	3	13	7	39	3	9	9	-	10	18	6
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	100	74	<3	12	<3	10	7	<3	<3	-	<3	13	<3
Sulfatos	mg/L	250	<1,00	<1,00	1,25	<1,00	1,15	<1,00	<1,00	<1,00	-	<1,00	<1,00	<1,00
Sulfetos de Hidrogênio (H <sub>2</sub> S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002
Turbidez	FTU	100	2,4	3,8	<0,1	36,8	0,9	8,9	1,4	3,5	-	3,6	8,7	5,1
Vanádio Total	mg/L	0,1	<0,01	<0,003	<0,01	0,014	<0,01	<0,003	<0,01	<0,003	-	<0,003	<0,01	<0,003



Continuação

Parâmetro	Unidade	COPAM/CERH 01/2008 - Águas Doces Classe 2	8AS-01		8AS-02		8AS-03		8AS-04		8AS-05		8AS-06	
			fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11*	jul/11	fev/11	jul/11
Zinco Total	mg/L	0,18	0,01	<0,05	0,02	<0,05	<0,01	<0,05	0,01	<0,05	-	<0,05	0,01	<0,05
Temperatura da Água	°C	-	23,7	21,6	23,8	24,3	27,7	25,2	27,5	22,3	-	23,1	28,9	25,2
pH in natura à 25°C (ac)	-	6,0 a 9,0	7,31	6,48	7,01	6,68	7,84	6,89	7,04	6,61	-	6,38	7,2	6,2
2,4,5-T	µg/L	2	<0,0033	<0,0033	<0,0033	<0,0033	<0,0033	<0,0033	<0,0033	<0,0033	-	<0,0033	<0,0033	<0,0033
2,4,5-TP	µg/L	10	<0,0033	<0,0033	<0,0033	<0,0033	<0,0033	<0,0033	<0,0033	<0,0033	-	<0,0033	<0,0033	<0,0033
2,4-D	µg/L	4	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	<5	<5	<0,005
Benzidina	µg/L	0,001	<0,001	<0,005	<0,001	<0,005	<0,001	<0,005	<0,001	<0,005	-	<0,005	<0,001	<0,005
Dodecacloro Pentaciclohexano	µg/L	0,001	<0,0009	<0,001	<0,0009	<0,001	<0,0009	<0,001	<0,0009	<0,001	-	<0,001	<0,0009	<0,001
Glifosato	µg/L	65	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	-	<50	<50	<50
Gution	µg/L	0,005	<0,001	<0,01	<0,001	<0,01	<0,001	<0,01	<0,001	<0,01	-	<0,01	<0,001	<0,01
PCB's-Bifenilas Policloradas	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Toxafeno	µg/L	0,01	<0,0020	<0,01	<0,0020	<0,01	<0,0020	<0,01	<0,0020	<0,01	-	<0,01	<0,0020	<0,01
Tributilestano	µg/L	0,063	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
1,1-Dicloroetano	µg/L	3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<0,001	-	<2	<2	<2
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	10	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,3	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
2-Clorofenol	µg/L	0,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Acilamida	µg/L	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,005	<0,05	<0,05
Alaclor	µg/L	20	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Atrazina	µg/L	2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Benzeno	µg/L	5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2
Benzo (a) antraceno	µg/L	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo (a) pireno	µg/L	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo (b) fluoranteno	µg/L	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo (k) fluoranteno	µg/L	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005
Carbaril	µg/L	0,02	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Clordano (Isômeros)	µg/L	0,04	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Criseno	µg/L	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005
DDT	µg/L	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Demeton (Demeton-O e Demeton-S)	µg/L	0,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Dibenzo (a,h) antraceno	µg/L	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005
Diclorometano	µg/L	20	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2
Endossulfan (a,b,sulfato)	µg/L	0,056	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	µg/L	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Estireno	µg/L	20	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2
Etilbenzeno	µg/L	90	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2
Fenóis Totais	mg/L	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Gama BHC (Lindano)	µg/L	0,02	<0,001	<0,05	<0,001	<0,05	<0,001	<0,05	<0,001	<0,05	-	<0,05	<0,001	<0,05
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,0065	<0,001	<0,001	<0,001	<10	<0,001	<10	<0,001	<10	-	<10	<0,001	<10
Indeno (1,2,3,cd) pireno	µg/L	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005
Malathion	µg/L	0,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
MBAS	mg/L	0,5	<0,03	<0,03	0,22	0,06	0,21	<0,03	0,21	<0,03	-	<0,03	0,11	<0,03
Metacloro	µg/L	10	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Metoxicloro	µg/L	0,03	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Parathion	µg/L	0,04	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001



Continuação

Parâmetro	Unidade	COPAM/CERH 01/2008 - Águas Doces Classe 2	8AS-01		8AS-02		8AS-03		8AS-04		8AS-05		8AS-06	
			fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11*	jul/11	fev/11	jul/11
Pentaclorofenol	µg/L	9	<0,001	<0,01	<0,001	<0,01	<0,001	<0,01	<0,001	<0,01	-	<0,01	<0,001	<0,01
Simazina	µg/L	2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2
Tetracloroeteno	µg/L	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2
Tolueno	µg/L	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2
Triclorobenzenos	µg/L	20	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2
Tricloroeteno	µg/L	30	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2
Trifluralina	µg/L	0,2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Xileno	µg/L	300	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2

\*Ponto não amostrado nesta campanha.





A seguir é apresentada uma avaliação dos resultados de monitoramento obtidos, considerando-se os períodos seco e chuvoso. Essa avaliação é feita considerando-se o posicionamento dos pontos entre si, além da comparação dos resultados com os respectivos padrões ambientais estabelecidos.

Em relação ao posicionamento dos pontos, podem ser feitas algumas análises e correlações de alguns pontos em conjunto, particularmente para aqueles situados ao longo de uma mesma drenagem ou micro bacia, a saber:

- 8AS-02, 8AS-06 e 8AS-05: sendo 8AS-05 à jusante da confluência dos demais cursos d'água;
- 8AS-03, 8AS-04, 8AS-05 e 8AS-01: sendo 8AS-01 à jusante da confluência dos demais cursos d'água.

Desta forma, é feita uma avaliação para os resultados encontrados, sendo feitas considerações, quando pertinentes, para os "agrupamentos" de pontos mencionados anteriormente.

Em relação ao parâmetro temperatura, para as águas superficiais, a temperatura da água acompanha, em geral, a temperatura do ar. Considerando-se os resultados obtidos para a **temperatura da água**, esta se apresentou, de forma geral, semelhante entre as campanhas de amostragem, para os mesmos pontos, porém sendo ligeiramente superiores na campanha de fevereiro de 2011, conforme esperado. Os valores obtidos variaram de 21,6 a 28,9 °C.

Em relação ao **pH**, este define o caráter ácido e/ou básico de uma solução, fornecendo informações importantes sobre o equilíbrio ácido-básico das águas e exercendo influência sobre a fisiologia de várias espécies aquáticas. Determinadas condições de pH ainda contribuem para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, ou para a solubilidade de nutrientes. Em relação aos resultados obtidos, esse parâmetro oscilou entre 6,2 e 7,84, estando a maioria dos valores próximos à neutralidade (pH = 7,0). Observa-se que os valores mais ácidos de pH foram verificados na campanha seca (julho de 2011), em todos os pontos, enquanto valores mais elevados foram observados no período chuvoso. Comparando-se os valores de pH dos períodos seco e chuvoso, separadamente, observa-se uma grande semelhança entre os resultados, de todos os pontos. Considerando-se os valores limites estabelecidos pela legislação ambiental, todos os resultados se apresentaram em conformidade aos limites estabelecidos.

A **alcalinidade total** é a medida das substâncias presentes na água capazes de neutralizar compostos ácidos, principalmente carbonatos, bicarbonatos e íons hidróxidos. Considerando-se os resultados de alcalinidade total obtidos para os pontos monitorados são percebidos valores não significativos para esse parâmetro, em todos os pontos e campanhas, os quais oscilaram entre "inferior ao limite analítico" e 11 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Não foram verificadas quaisquer diferenças significativas entre os pontos e campanhas de amostragem.

A **condutividade elétrica** da água, a qual é determinada pela presença de substâncias dissolvidas e íons, apresentou valores bastante reduzidos em praticamente todos os pontos e campanhas, tanto no período seco como chuvoso. Os resultados oscilaram entre 4,97 e 26,8  $\square$ S/cm, com um valor máximo de 57,4  $\square$ S/cm, este último em 8AS-03, no período chuvoso (fevereiro de 2011). Esses valores reduzidos indicam uma presença reduzida de materiais dissolvidos nas águas, para os pontos em geral.

As concentrações de **sólidos dissolvidos totais**, as quais geralmente acompanham os valores de condutividade elétrica, confirmam os resultados obtidos para este último parâmetro: sua concentração apresentou-se bastante reduzida nos pontos e campanhas amostradas, oscilando entre 3 mg/L e um valor “máximo” de 39 mg/L, este último obtido no mesmo ponto e campanha que o valor mais elevado de condutividade (8AS-03, fevereiro de 2011). Considerando-se o padrão de 500 mg/L estabelecido pela legislação vigente, todos os resultados se apresentaram em conformidade - e bastante inferiores - ao referido valor.

Em relação aos **sólidos suspensos totais**, sua presença foi confirmada em cerca de 45,5% das amostragens, principalmente no período chuvoso, quando é mesmo esperado um maior carreamento de sólidos e material particulado pelas águas. Os resultados obtidos oscilaram entre “inferior ao limite analítico” (maioria dos pontos e campanhas) e um valor “máximo” de 74 mg/L, obtido em 8AS-01, em fevereiro de 2011 (período chuvoso). Observa-se que o ponto 8AS-01 se encontra a jusante de todos os demais, que apresentaram valor máximo de apenas 12 mg/L. Considerando-se a legislação ambiental vigente, todos os resultados se encontraram em conformidade ao limite de 100 mg/L.

A **turbidez**, que representa o grau de interferência à passagem de luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma, está relacionada à presença de sólidos em suspensão. Acompanhando as concentrações em geral reduzidas de sólidos em suspensão, conforme apresentado anteriormente, os valores obtidos variaram de “inferior ao limite analítico” até 8,9 FTU, havendo ainda um valor superior aos demais, de 36,8 FTU, obtido em 8AS-02, medido na campanha de julho de 2011 (período seco). Observa-se, contudo, que esse valor “mais elevado” não correspondeu à concentração mais elevada de sólidos em suspensão. Comparando-se os resultados entre os pontos de monitoramento, o valor mais elevado obtido em 8AS-02 não acarreta em um resultado superior em 8AS-05, situado à jusante do mesmo. Deve ser ressaltado que, em termos de legislação ambiental, todos os valores obtidos se encontraram bastante inferiores ao padrão de 100 FTU estabelecido.

A **cor da água** pode ser considerada consequência das substâncias dissolvidas, sendo originada de forma natural, da decomposição de matéria orgânica, principalmente vegetais, bem como de metais como ferro e manganês. O parâmetro cor é influenciado por matérias sólidas em suspensão (turbidez), que devem ser eliminadas antes da medida (cor real). Considerando-se os resultados de **cor verdadeira** obtidos, os resultados se apresentaram não elevados, em todos os pontos e campanhas. A variação, de forma geral, foi de “inferior ao limite analítico” a um valor máximo de 25 mg Pt/L (8AS-03, fevereiro de 2011), todos inferiores ao limite ambiental de 75 mg Pt/L.

Em relação aos **cloretos**, sua presença, em águas naturais, é advinda da dissolução de sais. As concentrações desse parâmetro apresentaram-se bastante reduzidas, acompanhando os valores também reduzidos de condutividade elétrica e sólidos dissolvidos. Os resultados de cloretos se encontraram inferiores ou coincidentes ao limite analítico empregado, bastante inferiores ao padrão de 250 mg/L. Em relação ao **cloro residual livre**, todos os resultados obtidos se encontraram inferiores ao limite analítico empregado.

Comportamento semelhante ao dos cloretos pode ser observado para os **sulfatos**, cuja concentração se apresentou bastante reduzida em todos os pontos e campanhas, sendo inferior ao limite analítico na grande maioria dos resultados. O valor mais elevado foi de 1,25 mg/L, bastante inferior ao padrão ambiental de 250 mg/L.

Quanto ao enxofre na forma de sulfetos foram analisados os **sulfetos não dissociados**. Todos os resultados se apresentaram inferiores ao limite analítico empregado, não sendo detectados nas águas superficiais.

Considerando-se os **fluoretos**, estes também se apresentaram reduzidos, não sendo encontrados em aproximadamente 45,5% das amostragens. Dos valores detectados pelo laboratório, a concentração máxima foi de 0,4 mg/L, obtido em 8AS-01, em julho de 2011.

Em relação ao **potássio total** foram obtidos valores não significativos, oscilando entre 0,11 e 0,9 mg/L.

Em relação aos parâmetros contendo nitrogênio foram analisados o **nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e nitrogênio total**. Estes parâmetros apresentaram concentrações reduzidas para os pontos amostrados. Considerando-se o nitrogênio amoniacal e o nitrito, estes não foram detectados nas amostragens, estando inferiores ao limite de detecção analítico em todos os pontos e campanhas. Em relação ao nitrato, o mesmo foi detectado em cerca de 36% dos resultados, sendo ainda os valores praticamente coincidentes com o limite de detecção analítica. Todos os valores obtidos para o nitrato se encontraram em conformidade com o padrão legal de 10 mg/L. Quanto ao nitrogênio total, o mesmo foi detectado apenas na campanha de julho de 2011 (período seco), em todos os pontos amostrados. As concentrações detectadas oscilaram entre 0,10 e 0,38 mg/L, sendo este último obtido em 8AS01. Os valores mais elevados foram obtidos em 8AS-01, seguido de 8AS-03. Observa-se que a legislação ambiental não prevê um limite para esse parâmetro.

Em relação ao elemento fósforo, este foi analisado sob a forma de **fósforo total**. A grande maioria das amostragens indica a não detecção deste parâmetro (cerca de 63% dos resultados), havendo ainda alguns resultados praticamente coincidentes com o limite de detecção empregado. As concentrações mais elevadas foram de 0,036 mg/L (8AS-01, fevereiro de 2011) e 0,022 mg/L (8AS-02, julho de 2011). Considerando-se os corpos hídricos amostrados como ambientes intermediários (limite ambiental de 0,05 mg/L), todos os resultados obtidos se encontraram em conformidade a tal valor.

Para o **cianeto livre**, todos os resultados, de todos os pontos e campanhas, apontam para resultados inferiores ao limite analítico empregado, a uma única exceção em 8AS-01, julho de 2011, com uma concentração de 0,006 mg/L. Esta concentração, única superior ao padrão de 0,005 mg/L, pode ser considerada, em princípio, como anômala.

Em relação à **clorofila-a**, esta se constitui em um indicador da presença de algas nas águas superficiais, estando também relacionada ao nível trófico das águas. Para a clorofila-a, os resultados obtidos foram em geral bastante reduzidos e oscilaram entre “inferior ao limite analítico” (8AS-01 e 8AS-02, fevereiro de 2011) e 1,2 ug/L, havendo, no entanto, um único valor de “pico” de 63,2 ug/L, obtido em 8AS-02, em julho de 2011. Observa-se que o ponto em que foi verificado o resultado mais elevado apresentou, na campanha anterior, a não detecção desse parâmetro. Essa concentração mais elevada (de “pico”) se encontrou acima do limite de 30 ug/L, estabelecido pela legislação ambiental. Nesse mesmo ponto e campanha também foi medido um maior teor de turbidez, porém não foram observadas quaisquer outras “anomalias”, como por exemplo, presença mais elevada de nutrientes ou concentração mais reduzida de oxigênio dissolvido. Desta forma, este resultado mais elevado de clorofila-a pode ter ocorrido de forma anômala.

Quanto aos parâmetros relacionados a compostos orgânicos, o parâmetro **oxigênio dissolvido - OD** é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. A redução / estabilização da matéria orgânica é feita por bactérias, que utilizam o oxigênio em seus processos respiratórios. Além da autodepuração, a concentração de OD também indica a capacidade de um corpo d’água natural manter a vida aquática. De acordo com a legislação ambiental, é estabelecido, para as águas doces de Classe 2, um padrão mínimo de 5 mg O<sub>2</sub>/L para o OD. Em relação aos resultados obtidos, todos os valores se apresentaram superiores ao limite mínimo estabelecido, à exceção de um único resultado, em um único ponto e campanha - 4,84 mg O<sub>2</sub>/L, em 8AS-04, no período chuvoso (fevereiro de 2011). O ponto 8AS-01, no entanto, situado à jusante de 8AS-04, apresentou uma concentração elevada de OD, nessa mesma campanha (6,72 mg O<sub>2</sub>/L). Os resultados elevados de OD, de forma geral, acompanham a presença reduzida de matéria orgânica nas águas superficiais. O resultado reduzido de OD em 8AS-04 pode indicar a presença elevada de matéria orgânica, no entanto a concentração de OD pode variar devido a fatores naturais.

A **Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO**, definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbias, apresentou-se reduzida em todos os pontos e campanhas, oscilando entre “inferior ao limite analítico” (45,5% dos resultados) e 3,1 mg O<sub>2</sub>/L. Considerando-se o limite de 5 mg O<sub>2</sub>/L definido para águas de Classe 2, todos esses valores se encontraram em conformidade com a concentração limite, indicando presença reduzida de materiais orgânicos biodegradáveis nas águas. Esses valores reduzidos acompanham os valores elevados de OD, sendo observado que o ponto contendo OD mais reduzido apresentou também uma DBO reduzida.

Ainda considerando-se os compostos orgânicos analisados, os resultados de **óleos e graxas** se apresentaram inferiores ao limite analítico empregado, em todos os pontos e campanhas, à exceção de um único resultado em 8AS-03, em fevereiro de 2011 (3 mg/L). Esse resultado, no entanto, se apresentou não significativo.

Quanto ao **MBAS**, relacionado à presença de detergentes, este foi encontrado em apenas algumas amostras de 8AS-02 (ambas as campanhas), 8AS-03 e 8AS-06 (fevereiro de 2011). O valor máximo encontrado, no entanto, foi de 0,22 mg/L (8AS-02, período chuvoso), em conformidade com o padrão ambiental de 0,5 mg/L.

Considerando-se todos os **demais parâmetros orgânicos** analisados, os mesmos se apresentaram inferiores ao limite quantitativo analítico empregado em todos os pontos e campanhas, indicando a ausência de contaminantes orgânicos nas águas da região. Esses resultados, conseqüentemente, se apresentaram em conformidade com os respectivos padrões ambientais estabelecidos.

Em relação ao parâmetro ferro, este foi analisado sob a forma de **ferro solúvel**. Os resultados apontam sua presença em parte dos pontos e campanhas de amostragem. Os resultados obtidos variaram entre “inferior ao limite analítico” (cerca de 45,5% dos valores) e um valor “máximo” de 0,37 mg/L, obtido em 8AS-03, em fevereiro de 2011. Esse resultado mais elevado foi o único superior ao padrão de 0,3 mg/L estabelecido pela legislação ambiental. O ponto 8AS-01, situado à jusante de 8AS-03, apresentou uma concentração de 0,24 mg/L, ligeiramente inferior àquela. Deve ser observado, contudo, que a presença de ferro nas águas superficiais pode ser atribuída à geoquímica dos solos da região.

Considerando-se o **alumínio solúvel**, este foi obtido em concentrações bastante reduzidas, em todos os pontos e campanhas, apresentando uma concentração máxima detectável de 0,04 mg/L. Observa-se, no entanto, que na primeira campanha de amostragem, o limite de quantificação analítico empregado foi de 0,1 mg/L. Em relação ao padrão ambiental de 0,1 mg/L, todos os resultados se apresentaram em conformidade a este limite.

Considerando-se os metais **arsênio total, berílio total, cádmio total, chumbo total, cobalto total, lítio total, mercúrio total, selênio total e urânio total**, todos os resultados obtidos, em todos os pontos e campanhas, se encontraram inferiores ao limite analítico empregado pelo laboratório.

Em relação aos parâmetros **cobre solúvel, cromo total, prata total, vanádio total e zinco total**, todos os resultados apontam para valores inferiores ou em proximidade ao limite analítico empregado, sendo considerados resultados não significativos. O **níquel total** também apresentou este comportamento, sendo que, no entanto, o limite quantitativo empregado nas duas campanhas foi distinto.

O **bário total** também apresentou a grande maioria dos resultados - cerca de 73% - inferior aos respectivos limites quantitativos empregados pelo laboratório, nas duas campanhas de amostragem. As concentrações detectadas variaram de 0,03 a 0,09 mg/L e foram obtidas somente na campanha de julho de 2011 (período seco). Todos esses valores se encontraram inferiores ao limite de 0,7 mg/L estabelecido na legislação.

O **boro total** foi encontrado na maioria das amostragens realizadas. As concentrações detectadas variaram entre 0,06 e 0,28 mg/L, estando em conformidade com o limite de 0,5 mg/L.

O **antimônio total**, por sua vez, não foi detectado nas águas superficiais em praticamente todos os pontos e campanhas, com uma única exceção, de 0,006 mg/L em 8AS-02, período seco (julho de 2011). Este único valor detectado se apresentou superior ao padrão ambiental de 0,005 mg/L.

Em relação aos parâmetros bacteriológicos, foram analisados os **coliformes termotolerantes (fecais)**. Este parâmetro apresentou concentrações reduzidas, em todos os pontos e campanhas, oscilando entre “inferior ao limite analítico” e um valor máximo de 90 UFC/100mL. Todos estes valores se encontraram bastante inferiores ao padrão de 1000 UFC/100mL, indicando a ausência de material fecal nas águas superficiais.

Avaliando-se todos os pontos e parâmetros em conjunto, observa-se que, de maneira geral, a qualidade das águas se mostrou bastante semelhante entre os pontos e campanhas consideradas.

Salvo algumas variações não muito significativas, os pontos em geral apresentaram um pH próximo à neutralidade, havendo uma tendência de aumento no período chuvoso. Foi verificada, em todos os pontos, a presença reduzida de materiais dissolvidos, matéria orgânica e nutrientes. Concentrações satisfatórias de OD também foram verificadas em praticamente todos os pontos e campanhas.

Os metais também foram encontrados, em sua maioria, em concentrações reduzidas, salvo algumas exceções. A presença de ferro nas águas pode ser atribuída à geoquímica natural dos solos da região.

Os resultados obtidos também indicam uma presença bastante reduzida de coliformes termotolerantes, em todos os pontos e campanhas.

Não foram observados quaisquer comportamentos físico-químicos entre micro bacias e cursos d'água específicos, sendo que os resultados obtidos foram bastante semelhantes, para os pontos em geral.

Apesar de verificadas algumas variações de resultados entre os períodos seco e chuvoso, essas alterações não são consideradas significativas.

Deve-se mencionar que observações mais conclusivas a respeito da qualidade das águas superficiais nos pontos considerados serão feitas com a continuidade do monitoramento desses locais.

### **12.7.2.2 - Caracterização das Águas Superficiais da área da adutora**

Este subitem apresenta a avaliação dos resultados obtidos para a qualidade das águas superficiais da área de implantação e entorno da adutora. O quadro 12.21 a seguir apresenta os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento supracitadas.





**QUADRO 12.21 - Resultados de monitoramento da qualidade das águas superficiais - Área da adutora**

Parâmetro	Unidade	COPAM/CERH 01/2008 - Águas Doces Classe 2	AASP 01		AASP 02	
			fev/11	jul/11	fev/11	jul/11
Berílio Total	mg/L	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Lítio Total	mg/L	2,5	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Urânio Total	mg/L	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alcalinidade Total	mg/L CaCO3	-	3	3	3	4
Alumínio Solúvel	mg/L	0,1	< 0,1	< 0,02	< 0,1	< 0,02
Antimônio Total	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Arsênio Total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bário Total	mg/L	0,7	< 0,1	0,03	< 0,1	0,03
Boro Total	mg/L	0,5	0,18	0,09	0,14	0,17
Cádmio Total	mg/L	0,001	< 0,0005	< 0,001	< 0,0005	< 0,001
Chumbo Total	mg/L	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cianeto Livre	mg/L	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cloretos	mg/L	250	24,7	1,05	5,97	< 1,00
Cloro residual livre	mg/L	0,01 (cloro residual total - combinado + livre)	< 0,01	< 0,1	< 0,01	< 0,1
Clorofila-a	µg/L	30	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,7
Cobalto Total	mg/L	0,05	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,02
Cobre Solúvel	mg/L	0,009	< 0,005	0,001	< 0,005	0,002
Coliformes Termotolerantes (Fecais)	Org/100mL	1000	3	1	16	< 1
Condutividade Elétrica à 25°C - µS/cm (ac)	□S/cm	-	34,8	34,8	27,7	56,8
Cor Verdadeira a pH 7	mg/L	75	10	10	10	10
Cromo Total	mg/L	0,05	< 0,005	< 0,01	< 0,005	< 0,005
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	5	< 2,0	2,7	< 2,0	< 2,0
Ferro Solúvel	mg/L	0,3	< 0,05	0,02	0,07	< 0,02
Fluoretos	mg/L	1,4	0,31	0,05	0,19	0,07
Fósforo Total	mg/L P	0,030 (ambientes lênticos); 0,05 (ambientes intermediários); 0,1 (ambientes lóticos)	< 0,010	0,030	< 0,010	< 0,010
Manganês Total	mg/L	0,1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,08
Mercúrio Total	mg/L	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Níquel Total	mg/L	0,025	< 0,005	0,002	< 0,005	0,001
Nitrogênio Amoniacal (Amônia)	mg/L N	3,7 (pH≤7,5); 2,0 (7,5<pH≤8,0); 1,0 (8,0<pH≤8,5); 0,5 (pH>8,5).	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Nitrogênio Nítrico (Nitrato)	mg/L N	10	< 0,10	< 0,10	0,10	< 0,10
Nitrogênio Nitroso (Nitrito)	mg/L N	1	< 0,05	0,07	< 0,05	< 0,05
Nitrogênio Total	mg/L N	-	< 0,10	< 0,10	0,10	< 0,10
Óleos e Graxas Totais	mg/L	virtualmente ausentes	2	< 1	< 1	< 1
Oxigênio Dissolvido (ac)	mgO2/L	≥5	<b>4,71</b>	5,86	5,85	6,13
Potássio Total	mg/L	-	0,12	0,6	0,16	0,5
Prata Total	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,002	< 0,001	< 0,002
Selênio Total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	23	23	19	38
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	100	40	< 3	< 3	< 3
Sulfatos	mg/L	250	96,1	< 1,00	27,6	< 1,00
Sulfetos de Hidrogênio (H2S não dissociado)	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Turbidez	FTU	100	1,7	4,87	3,8	4,06
Vanádio Total	mg/L	0,1	< 0,01	< 0,003	< 0,01	< 0,003
Zinco Total	mg/L	0,18	0,01	< 0,05	0,01	< 0,05
Temperatura da Água	°C	-	25,3	22,6	24,6	21,8
pH in natura à 25°C (ac)	-	6,0 a 9,0	6,88	<b>5,41</b>	7,08	<b>4,98</b>
*2,4,5-T	µg/L	2	0,0033	< 0,0033	< 0,0033	< 0,0033
*2,4,5-TP	µg/L	10	< 0,0033	< 0,0033	< 0,0033	< 0,0033
2,4-D	µg/L	4	< 5	< 5	< 5	< 5



Continuação

Parâmetro	Unidade	COPAM/CERH 01/2008 - Águas Doces Classe 2	AASP 01		AASP 02	
			fev/11	jul/11	fev/11	jul/11
Benzidina	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,005	< 0,001	< 0,005
Dodecacloro Pentaciclodecano	µg/L	0,001	< 0,0009	< 0,001	< 0,0009	< 0,001
Glifosato	µg/L	65	< 50	< 50	< 50	< 50
Gution	µg/L	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB's-Bifenilas Policloradas	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
*Toxafeno	µg/L	0,01	< 0,0020	< 0,01	< 0,0020	< 0,01
Tributilestanho	µg/L	0,063	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
1,1-Dicloroetano	µg/L	3	< 2	< 2	< 2	< 2
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	< 2	< 2	< 2	< 2
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	10	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,3	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
2-Clorofenol	µg/L	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acilamida	µg/L	0,5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Alaclor	µg/L	20	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Atrazina	µg/L	2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzeno	µg/L	5	< 2	< 2	< 2	< 2
Benzo (a) antraceno	µg/L	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (a) pireno	µg/L	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (b) fluoranteno	µg/L	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo (k) fluoranteno	µg/L	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Carbaril	µg/L	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Clordano (Isômeros)	µg/L	0,04	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Criseno	µg/L	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
DDT	µg/L	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Demeton (Demeton-O e Demeton-S)	µg/L	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) antraceno	µg/L	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Diclorometano	µg/L	20	< 2	< 2	< 2	< 2
Endossulfan (a,b,sulfato)	µg/L	0,056	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Endrin	µg/L	0,004	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Estireno	µg/L	20	< 2	< 2	< 2	< 2
Etilbenzeno	µg/L	90	< 2	< 2	< 2	< 2
Fenóis Totais	mg/L	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Gama BHC (Lindano)	µg/L	0,02	< 0,001	< 0,05	< 0,001	< 0,05
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,0065	< 0,001	< 10	< 0,001	< 10
Indeno (1,2,3,cd) pireno	µg/L	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Malathion	µg/L	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
MBAS	mg/L	0,5	0,14	0,22	0,14	0,16
Metalacloro	µg/L	10	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Metoxicloro	µg/L	0,03	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Parathion	µg/L	0,04	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Pentaclorofenol	µg/L	9	< 0,001	< 0,01	< 0,001	< 0,01
Simazina	µg/L	2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2	< 2	< 2	< 2	< 2
Tetracloroetano	µg/L	10	< 2	< 2	< 2	< 2
Tolueno	µg/L	2	< 2	< 2	< 2	< 2
Triclorobenzenos	µg/L	20	< 2	< 2	< 2	< 2
Tricloroetano	µg/L	30	< 2	< 2	< 2	< 2
Trifluralina	µg/L	0,2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Xileno	µg/L	300	< 2	< 2	< 2	< 2



A seguir é apresentada uma avaliação dos resultados de monitoramento obtidos, considerando-se os períodos seco e chuvoso.

Em relação ao parâmetro temperatura das águas superficiais, esta acompanha, em geral, a temperatura do ar. Considerando-se os resultados obtidos para a **temperatura da água**, esta se apresentou, de forma geral, semelhante entre as campanhas de amostragem. A primeira campanha, realizada no período de verão, apresentou uma temperatura ligeiramente superior, entre 25,3°C e 24,6°C, enquanto a segunda campanha, realizada no período de inverno, apresentou temperaturas entre 22,6°C e 21,8°C.

Em relação ao **pH**, que define o caráter ácido e/ou básico de uma solução, fornecendo informações importantes sobre o equilíbrio ácido-básico das águas e exercendo influência sobre a fisiologia de várias espécies aquáticas, as campanhas apresentaram comportamentos distintos entre si. Enquanto o período chuvoso (fevereiro de 2011) apresentou valores em grande proximidade à neutralidade (6,88 e 7,08, nos pontos AASP 01 e AASP 02, respectivamente), a segunda campanha (período seco, julho de 2011) apresentou valores ácidos (reduzidos) de pH, entre 5,41 e 4,98, respectivamente. Comparando-se os valores de pH entre os pontos, separadamente para cada campanha, observa-se uma grande semelhança entre os resultados. Considerando-se os valores limites estabelecidos pela legislação ambiental, ambos os resultados da campanha de julho de 2011 se apresentaram inferiores ao limite mínimo estabelecido (6,0).

A **alcalinidade total**, medida das substâncias presentes na água capazes de neutralizar compostos ácidos, principalmente carbonatos, bicarbonatos e íons hidróxidos, foi detectada em valores reduzidos em ambos os pontos e campanhas, conforme também observado para as águas superficiais da área da mina. Os resultados oscilaram entre 3 e 4 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Não foram verificadas quaisquer diferenças significativas entre os pontos e campanhas de amostragem.

A **condutividade elétrica** da água, a qual é determinada pela presença de substâncias dissolvidas e íons, apresentou valores reduzidos em ambos os pontos e campanhas, tanto no período seco como chuvoso. Os resultados oscilaram entre 27,7 e 56,8  $\mu$ S/cm. Não foram encontradas diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso. Esses valores reduzidos indicam uma presença reduzida de materiais dissolvidos nas águas, para os pontos em geral.

As concentrações de **sólidos dissolvidos totais**, as quais geralmente acompanham os valores de condutividade elétrica, confirmam os resultados obtidos para este último parâmetro. O mesmo comportamento da condutividade foi observado para os sólidos dissolvidos: sua concentração apresentou-se bastante reduzida nos pontos e campanhas amostradas, oscilando entre 19 mg/L e um valor "máximo" de 38 mg/L, este último obtido no mesmo ponto e campanha onde se mediu o valor mais elevado de condutividade (AASP 02, julho de 2011). Considerando-se o padrão de 500 mg/L estabelecido pela legislação vigente, todos os resultados se apresentaram em conformidade - e bastante inferiores - ao referido valor.

Em relação aos **sólidos suspensos totais**, sua presença foi detectada apenas em um único ponto e campanha, AASP 01, em fevereiro de 2011, com um valor de 40 mg/L. Considerando-se a legislação ambiental vigente, todos os resultados se encontraram em conformidade ao limite de 100 mg/L.

A **turbidez**, que representa o grau de interferência à passagem de luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma, e que está relacionada à presença de sólidos em suspensão, acompanhou os valores reduzidos obtidos para os sólidos. Os resultados de turbidez variaram entre 1,7 e 4,87 FTU, todos bastante inferiores ao padrão de 100 FTU estabelecido. Observa-se, no entanto, que o valor mais reduzido de turbidez foi obtido no ponto com maior concentração de sólidos suspensos.

A cor da água, considerada consequência das substâncias dissolvidas, sendo originada de forma natural, da decomposição de matéria orgânica, principalmente vegetais, bem como de metais como ferro e manganês, é ainda influenciada por matérias sólidas em suspensão (turbidez), que devem ser eliminadas antes da medição (cor real). Considerando-se os resultados de **cor verdadeira** obtidos, foi obtido o valor de 10 mg Pt/L, em todos os pontos e campanhas, inferior ao limite estabelecido na legislação ambiental, de 75 mg Pt/L.

Em relação aos **cloretos**, suas concentrações apresentaram-se bastante reduzidas, acompanhando os valores também reduzidos de condutividade elétrica e sólidos dissolvidos. Os resultados de cloretos variaram de inferior a praticamente coincidente com o limite analítico empregado, na campanha de julho de 2011, a um valor máximo de 24,7 mg/L, no ponto AASP 01, em fevereiro de 2011. Todos esses valores foram bastante inferiores ao padrão de 250 mg/L estabelecido na lei. Em relação ao **cloro residual livre**, todos os resultados obtidos se encontraram inferiores ao limite analítico empregado.

Em relação aos **sulfatos**, de maneira semelhante aos cloretos, estes não foram detectados na campanha de julho de 2011, apenas na primeira campanha (fevereiro de 2011), em concentrações de 96,1 e 27,6 mg/L, sendo o valor mais elevado encontrado em AASP 01. Todos os valores se apresentaram inferiores ao padrão ambiental de 250 mg/L.

Quanto ao enxofre na forma de sulfetos, foram analisados os **sulfetos não dissociados**. Todos os resultados se apresentaram inferiores ao limite analítico empregado, não sendo detectados nas águas superficiais.

Considerando-se os **fluoretos**, estes também se apresentaram reduzidos, principalmente na campanha de julho de 2011 (valor máximo de 0,07 mg/L). A campanha de fevereiro de 2011 apresentou concentrações ligeiramente mais elevadas, de 0,31 e 0,19 mg/L, todas em conformidade com o padrão ambiental de 1,4 mg/L.

Em relação ao **potássio total** foram obtidos valores não significativos, oscilando entre 0,12 e 0,6 mg/L.

Em relação aos parâmetros contendo nitrogênio foram analisados o **nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e nitrogênio total**, que apresentaram concentrações reduzidas para os pontos amostrados. Considerando-se o nitrogênio amoniacal, este não foi detectado nas amostragens, estando inferior ao limite analítico em todos os pontos e campanhas. O nitrato, por sua vez, se apresentou inferior ou coincidente ao limite analítico empregado, em todos os pontos e campanhas, atendendo ao padrão ambiental de 10 mg/L. Em relação ao nitrito, o mesmo foi detectado apenas em um único resultado, 0,07 mg/L, no ponto AASP 01, em julho de 2011, valor este em conformidade com o limite ambiental de 1 mg/L. Quanto ao nitrogênio total, este se manteve inferior ou coincidente ao limite analítico empregado (0,10 mg/L). Observa-se que a legislação ambiental não prevê um limite para esse parâmetro.

Em relação ao elemento fósforo, este foi analisado sob a forma de **fósforo total**. A grande maioria das amostragens indica a não detecção deste parâmetro, com exceção de um único resultado detectado - 0,030 mg/L, no ponto AASP 01, em julho de 2011. Considerando-se os corpos hídricos amostrados como ambientes intermediários (limite ambiental de 0,05 mg/L), todos os resultados obtidos se encontraram em conformidade a tal valor.

Em relação à **clorofila-a**, que se constitui em um indicador da presença de algas nas águas superficiais, estando também relacionada ao nível trófico das águas, sua presença foi detectada em um único ponto e campanha - 1,7 ug/L, no ponto AASP 02, em julho de 2011, inferior ao limite de 30 ug/L estabelecido pela legislação ambiental, demonstrando uma baixa presença de nutrientes nas águas amostradas.

Quanto aos parâmetros relacionados especialmente a compostos orgânicos, o parâmetro **oxigênio dissolvido - OD**, essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e indicador da capacidade de um corpo d'água natural em manter a vida aquática, apresentou concentrações adequadas na maioria dos pontos, à exceção de um único resultado - 4,71 mg O<sub>2</sub>/L, no ponto AASP 01, em fevereiro de 2011. De acordo com a legislação ambiental, é estabelecido, para as águas doces de Classe 2, um padrão mínimo de 5 mg O<sub>2</sub>/L para o OD. Em relação aos resultados obtidos, apenas a concentração mais reduzida, supracitada, se encontrou inferior ao limite mínimo estabelecido. Os resultados elevados de OD, de forma geral, acompanham a presença reduzida de matéria orgânica nas águas superficiais. O resultado reduzido de OD em AASP-01 pode indicar a presença elevada de matéria orgânica, no entanto a concentração de OD pode variar devido a fatores naturais.

A **Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO**, definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbias, apresentou-se reduzida em todos os pontos e campanhas, oscilando entre "inferior ao limite analítico" (maioria dos resultados) e um único valor detectado, de 2,7 mg O<sub>2</sub>/L, em AASP 01 (julho de 2011). Considerando-se o limite de 5 mg O<sub>2</sub>/L definido para águas de Classe 2, todos estes valores se encontraram em conformidade à concentração limite, indicando uma presença reduzida de materiais orgânicos biodegradáveis nas águas. Estes valores reduzidos acompanham os valores elevados de OD. Observa-se que mesmo o ponto contendo OD mais reduzido, apresentou uma DBO reduzida.

Ainda considerando-se os compostos orgânicos analisados, os resultados de **óleos e graxas** se apresentaram inferiores ao limite analítico empregado, em todos os pontos e campanhas, à exceção de um único resultado em AASP 01, na campanha de fevereiro de 2011. Esse resultado, no entanto, se apresentou não significativo (2 mg/L).

Quanto ao **MBAS**, relacionado à presença de detergentes, este foi encontrado em ambos os pontos e campanhas, em concentrações que oscilaram entre 0,14 mg/L (ambos os pontos, campanha de fevereiro de 2011) e 0,22 mg/L (AASP 01, julho de 2011 - período seco). Todos esses valores se encontraram em conformidade com o padrão ambiental de 0,5 mg/L.

Considerando-se todos os **demais parâmetros orgânicos** analisados, os mesmos se apresentaram inferiores ao limite quantitativo analítico empregado, em todos os pontos e campanhas, indicando a ausência de contaminantes orgânicos nas águas da região. Esses resultados, conseqüentemente, se apresentaram em conformidade com os respectivos padrões ambientais estabelecidos.

Em relação ao parâmetro ferro, este foi analisado sob a forma de **ferro solúvel**. Os resultados apontam a presença deste parâmetro em parte dos pontos e campanhas de amostragem, em concentrações reduzidas, variando entre “inferior ao limite analítico” e um valor “máximo” de 0,07 mg/L, obtido em AASP 02, em fevereiro de 2011. Todos esses valores se encontraram em conformidade com o padrão de 0,3 mg/L estabelecido pela legislação ambiental. Deve ser observado que a presença de ferro nas águas superficiais pode ser atribuída à geoquímica dos solos da região.

O **manganês total**, por sua vez, também se apresentou inferior ao limite analítico na maioria das amostragens, à exceção de um único resultado - 0,08 mg/L, em AASP 02, julho de 2011, porém inferior ao padrão de 0,1 mg/L. Deve ser observado que a presença de manganês nas águas superficiais pode ser atribuída à geoquímica dos solos da região.

Considerando-se os metais **alumínio solúvel, antimônio total, arsênio total, berílio total, cádmio total, chumbo total, cobalto total, cromo total, lítio total, mercúrio total, prata total, selênio total, urânio total e vanádio total**, todos os resultados obtidos, em ambos os pontos e campanhas, se encontraram inferiores ao limite analítico empregado pelo laboratório. Os **cianetos livres** também apresentaram esse mesmo comportamento, se encontrando inferiores ao limite analítico, em ambos os pontos e campanhas.

Quanto ao **zinco total**, este se apresentou inferior ou coincidente com os limites de detecção analítica empregados nas campanhas, sendo inferiores ao padrão legal de 0,18 mg/L.

Em relação aos parâmetros **cobre solúvel e níquel total**, todos os resultados apontam para valores inferiores ou em proximidade ao limite analítico empregado, sendo resultados não significativos. Os respectivos limites ambientais estabelecidos pela legislação foram atendidos.



O **bário total** também apresentou resultados não significativos, oscilando entre “inferior ao limite analítico empregado” e 0,03 mg/L, inferiores ao limite ambiental estabelecido de 0,7 mg/L.

O **boro total** foi encontrado nas amostragens realizadas, em concentrações entre 0,09 e 0,18 mg/L, estando em conformidade com o limite máximo legal de 0,5 mg/L.

Em relação aos parâmetros bacteriológicos, foram analisados os **coliformes termotolerantes (fecais)**, os quais apresentaram concentrações reduzidas em todos os pontos e campanhas, oscilando entre inferior a coincidente com o limite de detecção analítica (campanha de julho de 2011), até o valor máximo de 16 UFC/100mL. Todos esses valores se encontraram bastante inferiores ao padrão de 1000 UFC/100mL, indicando a ausência de material fecal nas águas superficiais.

Avaliando-se todos os pontos e parâmetros em conjunto, observa-se que, de maneira geral, a qualidade das águas se mostrou semelhante entre os pontos e as campanhas consideradas.

Salvo algumas variações obtidas entre as campanhas de monitoramento, principalmente quanto ao parâmetro pH, que se apresentou mais ácido em julho de 2011 do que na campanha de chuva, em fevereiro de 2011, os pontos e campanhas apresentaram em geral presença reduzida de materiais dissolvidos, metais, matéria orgânica e nutrientes. Concentrações satisfatórias de OD também foram verificadas em praticamente todos os pontos e campanhas, à exceção de um resultado em AASP 01, em fevereiro de 2011. Os resultados obtidos também indicam uma presença bastante reduzida de coliformes termotolerantes, em todos os pontos e campanhas.

Deve ser mencionado que observações mais conclusivas a respeito da qualidade das águas superficiais nos pontos considerados serão feitas com a continuidade do monitoramento destes locais, durante as fases seguintes do empreendimento.

### **12.7.2.3 - Caracterização das águas subterrâneas da área da mina**

Este subitem apresenta uma avaliação dos resultados obtidos para a qualidade das águas subterrâneas da área onde será implantada a futura mina da SAM e seu entorno. O quadro 12.22 a seguir apresenta os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento supracitadas.



**QUADRO 12.22 - Resultados de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas**

Parâmetro	Unidade	8ASB-01		8ASB-02		8ASB-03*		8ASB-04		8ASB-05	
		fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11***
Berílio Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	<0,01	<0,01	**	-
Molibdênio Total	mg/L	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	-	-	<0,07	<0,07	**	-
Urânio Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	<0,01	<0,01	**	-
Alumínio Total	mg/L	5,04	0,84	36,41	0,38	-	-	5,61	2,82	7,52	-
Antimônio Total	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	-
Arsênio Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-
Bário Total	mg/L	<0,1	<0,02	0,42	0,02	-	-	0,15	0,08	2,06	-
Boro Total	mg/L	0,25	0,11	0,3	0,2	-	-	0,34	0,17	0,33	-
Cádmio Total	mg/L	<0,0005	<0,001	<0,0005	<0,001	-	-	<0,0005	<0,001	0,0009	-
Chumbo Total	mg/L	0,079	<0,005	0,86	<0,005	-	-	0,046	0,006	0,18	-
Cianetos Totais	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	-	<0,002	<0,002	<0,002	-
Cloretos	mg/L	<1,00	1,33	1,83	6,87	-	-	<1,00	3,9	3,18	-
Cobre Total	mg/L	0,02	0,013	0,02	0,011	-	-	0,018	0,012	0,03	-
Coliformes Termotolerantes (Fecais)	NMP/100mL	23	5	170	3	-	-	17	5	**	-
Condutividade Elétrica à 25°C - μS/cm (ac)	□S/cm	79,5	-	96,2	-	-	-	98,4	-	254,4	-
Cromo Total	mg/L	0,044	<0,01	0,22	<0,01	-	-	0,079	<0,01	0,045	-
Escherichia Coli	NMP/100mL	23	5	170	3	-	-	17	5	**	-
Ferro Total	mg/L	15,37	1,43	100,6	0,98	-	-	13,84	4,8	34,29	-
Fluoretos	mg/L	1,37	<0,05	0,47	0,1	-	-	<0,05	<0,05	0,58	-
Manganês Total	mg/L	0,27	<0,05	0,81	<0,05	-	-	0,34	0,1	0,65	-
Mercúrio Total	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-
Níquel Total	mg/L	0,025	0,001	0,12	0,001	-	-	0,041	0,002	0,022	-
Nitrogênio Nítrico (Nitrato)	mg/L N	0,13	<0,10	0,67	<0,10	-	-	<0,10	<0,10	0,28	-
Nitrogênio Nitroso (Nitrito)	mg/L N	<0,05	0,05	<0,05	0,12	-	-	<0,05	0,07	<0,05	-
Prata Total	mg/L	<0,001	<0,002	<0,001	<0,002	-	-	<0,001	<0,002	<0,001	-
Selênio Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-
Sódio Total	mg/L	2,92	5,9	2,87	18,7	-	-	3,11	11,1	13,72	-
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	72	19	75	120	-	-	67	48	170	-
Sulfatos	mg/L	2,12	<1,00	32	1,25	-	-	4,29	<1,00	5,29	-
Vanádio Total	mg/L	0,02	0,003	0,16	<0,003	-	-	0,02	0,012	0,05	-
Zinco Total	mg/L	0,09	<0,05	0,27	<0,05	-	-	0,08	0,08	0,14	-
Temperatura da Água	°C	29,8	-	25,7	-	-	-	26,9	-	25,3	-
pH in natura a 25°C (ac)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**	-
1,1,2-Tricloroetano	μg/L	<1	<1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	-
2,4-D	μg/L	<5	<5	<5	<5	-	-	<5	<5	<5	-
Aldicarb + Ald.	μg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	-	<0,002	<0,002	**	-
Carbofuran	μg/L	<0,0011	<0,0011	<0,0011	<0,0011	-	-	<0,0011	<0,0011	**	-
Clorotalonil	μg/L	<0,053	<0,053	<0,053	<0,053	-	-	<0,053	<0,053	**	-
Clorpirifós	μg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Glifosato	μg/L	<50	<50	<50	<50	-	-	<50	<50	**	-
Metolacoloro	μg/L	<0,001	<1	<0,001	<1	-	-	<0,001	<1	<0,001	-
PCB's-Bifenilas Policloradas	μg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Pendimentalina	μg/L	<0,001	<0,01	<0,001	<0,01	-	-	<0,001	<0,01	<0,001	-
Permetrina	μg/L	<0,001	<0,1	<0,001	<0,01	-	-	<0,001	<0,01	<0,001	-
1,1-Dicloroetano	μg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
1,2-Diclorobenzeno	μg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
1,2-Dicloroetano	μg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
1,2-Dicloroetano-Cis	μg/L	<2	<1	<2	<1	-	-	2	<1	<2	-
1,4-Diclorobenzeno	μg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
Acilamida	μg/L	<0,05	<0,05	<0,005	<0,05	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	-
Alaclor	μg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Aldrin e Dieldrin	μg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Atrazina	μg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Bentazona	μg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-



Continuação

Parâmetro	Unidade	8ASB-01		8ASB-02		8ASB-03*		8ASB-04		8ASB-05	
		fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11	fev/11	jul/11***
Benzeno	µg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
Benzo (a) antraceno	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	-
Benzo (a) pireno	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	-
Benzo (k) fluoranteno	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	-
Benzo (k) fluoranteno	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	-
Clordano (Isômeros)	µg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Cloreto de Vinila	µg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
Clorofórmio	µg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
Criseno	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	-
DDT	µg/L	<0,001	<5	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Dibenzo (a,h) antraceno	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	-
Diclorometano	µg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
Endossulfan (a,b,sulfato)	µg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Endrin	µg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Estireno	µg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
Etilbenzeno	µg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
Fenóis Totais	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	**	-
Gama BHC (Lindano)	µg/L	<0,001	<0,05	<0,001	<0,05	-	-	<0,001	<0,05	<0,001	-
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	µg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Hexaclorobenzeno	µg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Indeno (1,2,3,cd) pireno	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	-
Malathion	µg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Metoxicloro	µg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Molinato	µg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Pentaclorofenol	µg/L	<0,001	<0,01	<0,001	<0,01	-	-	<0,001	<0,01	<0,001	-
Propanil	µg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Simazina	µg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
Tetracloroeteno	µg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
Tolueno	µg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
Triclorobenzenos	µg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-
Trifluralina	µg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-
Xileno	µg/L	<2	<2	<2	<2	-	-	<2	<2	<2	-

\*Ponto obstruído a mais de 30m, não sendo possível encontrar o nível d'água.

\*\*Ponto obstruído, não sendo possível coletar uma quantidade de amostra suficiente para todos os parâmetros. Deixou-se de analisar os parâmetros menos prováveis de serem encontrados.

\*\*\*Ponto obstruído na data da coleta.



Considerando-se os resultados obtidos, a seguir são apresentadas algumas considerações sobre os parâmetros analisados.

Deve ser observado que, a título de avaliação dos resultados, conforme já mencionado anteriormente, os resultados obtidos são comparados com os valores de referência do Anexo 1 da Resolução CONAMA nº 396/2008, bem como com os valores orientadores para investigação de áreas contaminadas, conforme a Resolução CONAMA nº 420/2009. A comparação dos resultados com esses valores de referência é feita quando pertinente.

Em termos de posicionamento dos pontos entre si, o ponto 8ASB-01 se encontra à jusante de todos os demais, seguido por 8ASB-02 e 8ASB-03, os quais são seguidos por 8ASB04 e 8ASB05. Estes últimos pontos, portanto, se encontram à montante dos demais.

Ressalta-se ainda que, nas duas campanhas consideradas, o ponto 8ASB-03, segundo o laboratório responsável pela coleta das amostras, apresentou-se obstruído a mais de 30 metros de profundidade, não sendo possível encontrar o nível d'água. Dessa forma, não há resultados disponíveis para esse ponto.

O parâmetro **temperatura**, em águas subterrâneas, apresenta uma amplitude térmica pequena, não sendo influenciado pelas mudanças da temperatura atmosférica. Exceções são os aquíferos freáticos pouco profundos. Considerando-se os pontos amostrados, a variação da temperatura da água, medida na campanha de fevereiro de 2011, apresentou uma variação de 25,3°C a 29,8°C, sendo a temperatura mais elevada em 8ASB-01, situado à jusante de todos os pontos.

A **condutividade elétrica** da água, a qual é determinada pela presença de substâncias dissolvidas, geralmente apresenta valores mais elevados para as águas subterrâneas do que superficiais, sendo a concentração determinada pelas condições do meio, principalmente pH e potencial redox. Considerando-se os valores de condutividade elétrica obtidos para os pontos amostrados, estão disponíveis resultados apenas para a campanha de fevereiro de 2011 (período chuvoso), os quais se mostraram superiores aos valores de condutividade encontrados para as águas superficiais. Os pontos 8ASB-01, 8ASB02 e 8ASB-04 apresentaram resultados similares entre si, variando entre 79,5 e 98,4  $\mu\text{S/cm}$ , enquanto o ponto 8ASB-05 apresentou um resultado de 254,4  $\mu\text{S/cm}$ , superior ao restante dos pontos.

As concentrações de **sólidos dissolvidos totais**, as quais geralmente acompanham os valores de condutividade elétrica, confirmam os resultados obtidos para este último parâmetro. Os resultados obtidos de sólidos dissolvidos totais apresentaram valor máximo de 170 mg/L, no ponto 8ASB-05, em fevereiro de 2011. Os demais resultados oscilaram entre 19 e 120 mg/L. Também não foi verificada uma tendência de resultados mais elevados em determinada campanha. A título de referência, todos os resultados foram inferiores ao valor máximo de 1000 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008, para águas de consumo humano.

Em relação aos **cloretos**, estes formam compostos bastante solúveis e tendem a se enriquecer, junto com o sódio, a partir das zonas de recarga das águas subterrâneas. As concentrações desse parâmetro apresentaram-se, no entanto, reduzidas para todos os pontos, acompanhando os valores não elevados para condutividade e sólidos dissolvidos. As concentrações de cloretos variaram de “inferior ao limite de detecção analítico” a um valor máximo de 6,87 mg/L (8ASB-02, julho de 2011). A título de referência, a Resolução CONAMA 396/2008 estabelece padrões para os cloretos de acordo com os respectivos usos preponderantes da água. Os resultados obtidos, em todos os pontos, se encontram bastante inferiores aos valores de referência, para todos os usos considerados.

Em relação aos **fluoretos**, estes não foram detectados na amostragem de julho de 2011 no ponto 8ASB-01 e nas duas amostragens no ponto 8ASB-04. Considerando-se os demais resultados, estes variaram entre 0,1 mg/L e um valor máximo de 1,37 mg/L, este último obtido em 8ASB-01, em fevereiro de 2011. Considerando-se os valores de referência para os usos preponderantes da água, apenas este resultado mais elevado se encontrou superior à referência determinada para irrigação (1 mg/L), estando inferior aos limites para os demais usos. Este parâmetro, no entanto, não é considerado como contaminante em investigações por contaminação.

Em relação aos **sulfatos**, não foram observados resultados elevados para os pontos amostrados. Percebe-se, no entanto, que o ponto 8ASB-02 apresentou uma concentração mais elevada que as demais, somente na campanha de fevereiro de 2011 (32 mg/L). Esta concentração, no entanto, também não pode ser considerada como elevada. A título de referência, a Resolução CONAMA 396/2008 estabelece padrões para os sulfatos, de acordo com os respectivos usos preponderantes da água. Os resultados obtidos, em todos os pontos, se encontram bastante inferiores a todos estes valores de referência, para todos os usos considerados na legislação.

Em relação ao parâmetro **nitrito**, este se apresentou reduzido nos pontos e campanhas consideradas. Sua concentração oscilou entre “inferior ao limite analítico” (mais de 50% dos resultados) e um valor máximo de 0,67 mg/L. A título de referência, a Resolução CONAMA 396/2008 estabelece padrões para o nitrito de acordo com os respectivos usos preponderantes da água. Todos os resultados obtidos, em todas as campanhas, se apresentaram inferiores aos limites estabelecidos para todos os usos, assim como inferiores ao valor de investigação definido pela Resolução CONAMA 420/2009.

Para o **nitrito**, todos os resultados se apresentaram bastante reduzidos, sendo a maioria inferior ou coincidente com o limite analítico implementado. As únicas concentrações detectadas foram em 8ASB02 e 8ASB-04, na campanha de julho de 2011, sendo obtido um valor máximo de 0,12 mg/L. A título de referência, todas as concentrações obtidas para nitrito se encontram de acordo com todos os valores de referência, para todos os usos de água considerados pela Resolução CONAMA 396/2008.



Em relação ao sódio, este é um elemento químico quase sempre presente nas águas subterrâneas. Considerando-se os resultados de **sódio total**, os resultados obtidos oscilaram entre 2,87 e 18,7 mg/L, ambos obtidos no mesmo ponto, 8ASB-08, em campanhas de chuva e seca, respectivamente. Observa-se que na campanha de julho de 2011 os resultados foram ligeiramente superiores àqueles obtidos na campanha de fevereiro de 2011, em todos os pontos onde ocorreram medidas sazonais. A título de referência, a Resolução CONAMA 396/2008 estabelece padrões para o sódio total de acordo com os respectivos usos preponderantes da água. Os resultados obtidos, em todos os pontos, se encontram de bastante inferiores a estes valores de referência, para todos os usos considerados.

Considerando-se o **alumínio total**, sua presença foi confirmada nas águas da região, em todos os pontos e campanhas. Os valores foram superiores na campanha do período chuvoso. Enquanto em julho de 2011 os resultados variaram de 0,38 a 2,82 mg/L, em fevereiro de 2011 foi verificada uma variação de 5,04 mg/L a um máximo de 36,41 mg/L (este último em 8ASB-02), concentrações essas mais elevadas do que aquelas obtidas para as águas superficiais. A título de referência, comparando-se os resultados com as concentrações legalmente estabelecidas para os usos preponderantes da água, todos os valores obtidos se encontraram superiores ao limite de 0,2 mg/L estabelecido para consumo humano e recreação, mas sendo, no entanto, inferiores aos valores para dessedentação de animais e irrigação. Considerando-se o limite estabelecido para investigação, segundo a Resolução CONAMA 420/2009, todos os resultados da campanha de fevereiro de 2011 se encontraram superiores a 3,5 mg/L. Deve ser observado, contudo, que a presença de alumínio nas águas da região pode ser atribuída à geoquímica natural dos solos da região.

Em relação ao parâmetro ferro, este foi analisado sob a forma de **ferro total**. Os resultados apontam sua presença nas águas subterrâneas, em todos os pontos e campanhas, principalmente no período chuvoso, em fevereiro de 2011, comportamento bastante similar ao observado para o alumínio total. Enquanto em julho de 2011 os resultados variaram de 0,98 a 4,8 mg/L, em fevereiro de 2011 foi verificada uma variação de 13,84 mg/L a um máximo de 100,6 mg/L (este último em 8ASB-02). Essas concentrações foram mais elevadas do que aquelas obtidas para as águas superficiais. A título de referência, comparando-se os resultados com as concentrações estabelecidas para os usos preponderantes da água, todos os valores obtidos se encontraram superiores ao limite de 0,3 mg/L estabelecido para consumo humano e recreação. Já o limite de 5 mg/L estabelecido para irrigação foi ultrapassado nos resultados da campanha de fevereiro de 2011. Considerando-se o limite estabelecido para investigação na Resolução CONAMA 420/2009, de 2,45 mg/L, cerca de 28,5% dos resultados se apresentaram inferiores a este valor. Deve ser ressaltado, contudo, que a presença de ferro nas águas da região pode ser atribuída à geoquímica natural dos solos da região.

Em relação ao parâmetro manganês, este foi analisado sob a forma de **manganês total**, tendo sido na grande maioria dos pontos e campanhas, principalmente em fevereiro de 2011, conforme já observado para o alumínio e o ferro. Os resultados obtidos foram ainda superiores àqueles observados para as águas superficiais. A não detecção desse parâmetro nas águas subterrâneas ocorreu apenas na campanha de julho de 2011. Para os resultados detectados foi verificada uma variação de 0,1 a um máximo de 0,81 mg/L, sendo este último encontrado no ponto 8ASB-02, em fevereiro de 2011. Observa-se que estes foram o mesmo ponto e campanha com os resultados mais elevados de alumínio e ferro. A título de referência, a Resolução CONAMA 396/2008 estabelece padrões para o manganês total de acordo com os respectivos usos preponderantes da água. De acordo com os resultados obtidos, todos os valores da campanha de julho de 2011 se encontraram inferiores a todos os valores de referência estabelecidos para todos os usos preponderantes da água. Já os resultados da campanha de fevereiro de 2011 ultrapassam todos os valores de referência. Em relação à Resolução CONAMA 420/2009, dois resultados ultrapassam o limite de 0,4 mg/L estabelecido. Observa-se, contudo, que a presença de manganês nas águas subterrâneas pode ser atribuída à geoquímica dos solos da região.

Para o **cobre total**, os resultados foram similares e não elevados, em todos os pontos e campanhas, oscilando entre 0,011 e 0,03 mg/L. A título de referência, considerando-se as concentrações estabelecidas para os usos preponderantes da água, todos os resultados obtidos se apresentaram inferiores a todos os limites estabelecidos pelas Resolução CONAMA 396/2008. O limite estabelecido para investigação (Resolução CONAMA 420/2009) também foi atendido.

Assim como observado para outros metais, o **chumbo total** foi detectado, principalmente, na campanha de fevereiro de 2011. Enquanto em julho de 2011 os resultados foram bastante reduzidos, variando de “inferior ao limite de detecção analítico” até o máximo 0,006 mg/L, em fevereiro de 2011 os valores variaram entre 0,046 e 0,86 mg/L, este último encontrado em 8ASB-02 (mesmo ponto com concentrações de alumínio, ferro e manganês mais elevadas). A título de referência, a Resolução CONAMA 396/2008 estabelece padrões para o chumbo total de acordo com os respectivos usos preponderantes da água. De acordo com os resultados obtidos, todos os valores da campanha de julho de 2011 se encontraram inferiores a todos os valores de referência estabelecidos para todos os usos preponderantes da água. Já os resultados da campanha de fevereiro de 2011 ultrapassam os valores para consumo humano e recreação, sendo ainda que dois desses resultados ultrapassaram também o limite típico para dessedentação de animais. O limite para irrigação (5 mg/L), no entanto, foi atendido em todas as campanhas. Considerando-se o limite de investigação estabelecido pela legislação, mais restritivo, para consumo humano, conforme estabelecido pela Portaria MS 518/2004, ressalta-se que o limite foi “atendido” pelos resultados da campanha de julho de 2011.

Em relação ao **bário total**, conforme observado para outros metais, sua concentração em julho de 2011 variou entre “inferior ao limite de detecção analítico” e o máximo de 0,08 mg/L, enquanto em fevereiro de 2011 a variação foi de “inferior ao limite de detecção analítico” a um valor máximo de 2,06 mg/L, este último em 8ASB-05. O ponto 8ASB-01 apresentou resultados não detectados em ambas as campanhas. A título de referência, considerando-se os limites para os usos preponderantes das águas, à exceção do resultado mais elevado (2,06 mg/L), todos os demais se encontraram inferiores a todos os valores, para todos os usos. Esta concentração mais elevada foi superior aos valores de referência estabelecidos para consumo humano e recreação. Considerando-se o valor definido para investigação das águas, definido considerando-se o limite para consumo humano, conforme estabelecido pela Portaria MS 518/04, conclui-se que o parâmetro bário total foi “atendido” por todos os resultados, à exceção daquele mais elevado.

Para o **boro total**, sua presença foi detectada nas águas subterrâneas, em todos os pontos e campanhas, em concentrações que variaram de 0,11 a 0,34 mg/L, sendo invariavelmente superiores na campanha de fevereiro de 2011. Considerando-se as concentrações de referência para os usos preponderantes das águas, bem como o valor de investigação, todos os resultados se apresentaram inferiores a todos estes limites.

Considerando-se o **níquel total**, conforme observado para vários outros metais, as concentrações obtidas foram superiores em fevereiro de 2011. A campanha de julho de 2011 apresentou uma variação de 0,001 a 0,002 mg/L, enquanto em fevereiro de 2011 as concentrações variaram entre 0,022 e 0,12 mg/L, esta última também em 8ASB-02. A título de referência, conforme também observado para outros elementos, comparando-se os resultados com os limites estabelecidos para os usos preponderantes das águas, todos os valores obtidos em julho de 2011 se apresentaram inferiores a tais limites (para todos os usos), enquanto os resultados de fevereiro de 2011 se apresentaram superiores aos mesmos. Os resultados de fevereiro de 2011 também se apresentaram superiores à concentração de referência para investigação, de 0,02 mg/L, a qual também coincide com a concentração de referência para águas de consumo humano.

Em relação ao **vanádio total**, as concentrações obtidas também foram superiores na campanha de fevereiro de 2011. Enquanto em julho de 2011 os resultados variaram de “inferior ao limite de detecção analítico” até um máximo de 0,012 mg/L, em fevereiro de 2011 os valores oscilaram entre 0,02 e 0,16 mg/L, sendo este último em 8ASB-02. A título de referência, considerando-se os limites para os usos preponderantes das águas, à exceção do resultado mais elevado (0,16 mg/L), todos os demais se encontraram inferiores a todos os valores, para todos os usos. Essa concentração mais elevada foi superior aos valores de referência estabelecidos para consumo humano, dessedentação de animais e irrigação. A Resolução CONAMA 420/2009, por sua vez, não define um limite para este parâmetro.

Em relação ao parâmetro **zinco total**, as concentrações em julho de 2011 variaram de “inferior ao limite de detecção analítico” até o máximo de 0,08 mg/L, enquanto em fevereiro de 2011 os valores oscilaram entre 0,08 e 0,27 mg/L, sendo este último em 8ASB-02. A título de referência, considerando-se os limites para os usos preponderantes das águas, todos os resultados, de todos os pontos e campanhas, se encontraram inferiores a todos os limites, para todos os usos, inclusive ao valor de investigação previsto para águas subterrâneas.

Considerando-se os **cianetos totais**, estes não foram detectados nas águas subterrâneas, estando inferior ao limite analítico em todos os pontos e amostragens, bem como inferior a todas as concentrações de referência (todos os usos) estabelecidas pela Resolução CONAMA 396/2008.

Em relação aos elementos **arsênio total, berílio total, mercúrio total, molibdênio total, prata total, selênio total e urânio total**, estes não foram detectados nas águas subterrâneas, considerando-se inferiores ao limite analítico empregado pelo laboratório, em todos os pontos e campanhas. Observa-se que alguns dos limites quantitativos empregados pelo laboratório foram superiores a alguns valores de referência para consumo humano e irrigação. Quanto aos valores orientadores para investigação da qualidade das águas subterrâneas, os limites empregados pelo laboratório foram inferiores aos limites estabelecidos pela legislação.

Para o **antimônio total e cádmio total**, praticamente todos os resultados, em todos os pontos, se apresentaram inferiores aos limites quantitativos empregados pelo laboratório, indicando sua ausência das águas subterrâneas. Para o antimônio, a única exceção foi uma concentração de 0,006 mg/L, obtida no ponto 8ASB-02, em julho de 2011. A título de referência, este valor se encontrou superior à concentração de 0,005 mg/L estabelecida pra consumo humano, segundo a Resolução CONAMA 396/2008, e também superior ao mesmo valor de 0,005 mg/L estabelecido para investigação. Ressalta-se que, segundo a própria Resolução CONAMA 420/2009, esse valor limite foi estabelecido de acordo com a Portaria de Potabilidade 518/2004, do Ministério da Saúde, sendo coincidentes, por este motivo, os limites de consumo humano e investigação. Para o cádmio, a única exceção foi o ponto 8ASB-05, em fevereiro de 2011, com uma concentração de 0,0009 mg/L, valor este, no entanto, inferior a todas as concentrações de referência estabelecidas pela Resolução CONAMA 396/2008, para todos os usos, bem como inferior ao valor orientador estabelecido para investigação, de acordo com a Resolução CONAMA 420/2009.

Em relação ao **cromo total**, este foi detectado somente na campanha de fevereiro de 2011, em todos os pontos, em concentrações que variaram de 0,044 mg/L a um valor de “pico” de 0,22 mg/L, este último no ponto 8ASB-02. A título de referência, considerando-se o valor limite para uso, segundo a Resolução CONAMA 396/2008, apenas em dois locais - 8ASB-02 e 8ASB-04, as concentrações se apresentaram superiores ao limite de 0,050 mg/L estabelecido para consumo humano e recreação, estando esses resultados inferiores ao estabelecido para os demais usos da água. Observa-se que, como mencionado para o antimônio, o limite de investigação (Resolução CONAMA 420/2009) foi estabelecido conforme a Portaria de Potabilidade da Água, sendo por este motivo coincidente a este (0,050 mg/L).

Considerando-se os **parâmetros orgânicos** analisados, todos se apresentaram inferiores ao limite quantitativo analítico empregado, em todos os pontos e campanhas, indicando a ausência de contaminantes orgânicos nas águas da região, assim como foi observado para as águas superficiais.

Em relação aos parâmetros bacteriológicos, foram analisados **coliformes termotolerantes (fecais)** e **escherichia coli**. Para ambos os parâmetros as concentrações obtidas não foram elevadas, em nenhum ponto e campanha considerada. O resultado mais elevado, tanto para coliformes quanto para *escherichia coli*, foi de 170 UFC/100mL, obtido no ponto 8ASB-02, em fevereiro de 2011. A título de referência, a Resolução CONAMA 396/2008 estabelece padrões para os coliformes termotolerantes (fecais) e *escherichia coli*, para os diversos usos da água. Considerando-se estas referências, apenas a concentração de 170 UFC/100mL mencionada se apresentou superior ao valor máximo permitido para consumo humano (que é a ausência destes parâmetros nas águas). Todas as demais concentrações atenderam aos limites dos demais usos.

Avaliando-se todos os pontos e parâmetros em conjunto, observa-se, de maneira geral, uma elevação das concentrações na campanha de fevereiro de 2011, correspondente ao período chuvoso. Não foram observadas, ainda, diferenças significativas entre os pontos amostrados e sim, apenas em relação às campanhas.

Dentre os resultados da campanha de fevereiro de 2011, o ponto 8ASB-02 apresentou ainda, na maioria dos casos, as concentrações mais elevadas, para parâmetros como metais diversos e parâmetros bacteriológicos, dentre outros. Este fato pode estar associado ao período chuvoso na região, que pode ocasionar um maior carreamento e dissolução de compostos, que por sua vez podem infiltrar no solo, atingindo o lençol freático.

A concentração de metais foi em geral superior nas águas subterrâneas, se comparadas com os resultados de água superficial. A presença de alguns desses metais, no entanto, tais como alumínio, ferro, manganês, pode ser atribuída a fatores naturais. Os valores de condutividade elétrica também foram superiores nas águas subterrâneas, em relação às águas superficiais, conforme esperado.

Considerando-se os valores de investigação das águas subterrâneas determinados pela Resolução CONAMA 420/2009, deve ser observado que grande parte dos limites foi definido conforme a Portaria MS 518/04, ou seja, são valores típicos de águas apropriadas para consumo humano. Dessa forma, muitos desses limites de investigação são considerados como reduzidos, relacionados aos padrões de água potável.

Em relação aos parâmetros orgânicos, foi verificada a sua ausência, em todos os pontos de campanhas de amostragem, seja para água subterrânea quanto superficial.

### 12.7.3 - Capacidade de suporte de carga dos cursos de água

Conforme apresentado no item 3.6.9 (Sistemas de controle e monitoramento de efluentes líquidos), a princípio, todos os efluentes líquidos do empreendimento, depois de tratados, serão direcionados para a barragem de rejeitos e não diretamente para cursos d'água.

O caso da barragem de rejeitos do Projeto da Sul Americana de Metais, que estará ativa no primeiro ano para o recebimento de rejeitos e material estéril e já a partir do segundo ano atuará apenas como barragem para acúmulo das águas provenientes do escoamento superficial, da Estação de Tratamento de Águas, da Estação de Tratamento de Esgotos e do bombeamento a partir dos *sumps* que serão construídos no fundo da cava. Não se trata assim de uma situação convencional de lançamento de efluentes, na qual um determinado efluente de vazão conhecida é lançado em um curso d'água de maior vazão. Na situação em estudo, a vazão a jusante do barramento poderá ser considerada tanto como sendo o próprio curso d'água (córrego Mundo Novo), visto que a água recebida na barragem que poderia causar modificações na qualidade do corpo hídrico será previamente tratada, como também um efluente da barragem.

Há que se ressaltar que nas atividades minerárias a avaliação das demandas hídricas, passíveis de autorização para o seu uso, deverão constar em um Plano de Utilização da Água na Mineração - PUA, instituído pela Resolução CNRH nº 55, de 28 de novembro de 2005 e que será apresentado na etapa seguinte do licenciamento ambiental, como parte dos processos de outorga de uso das águas. No PUA serão descritas as estruturas destinadas à captação de água e ao lançamento de efluentes com seus respectivos volumes de captação ou diluição, os usos e o manejo da água produzida no empreendimento, o balanço hídrico do empreendimento, as variações de disponibilidade hídrica gerada pelo empreendimento na bacia hidrográfica, os planos de monitoramento da quantidade e qualidade hídrica, as medidas de mitigação de eventuais impactos hidrológicos e as especificidades relativas aos sistemas de rebaixamento de nível de água.

Ainda no caso do Projeto Vale do Rio Pardo, o rejeito que deverá ser bombeado ao barramento apresentará características físicas como alta turbidez, sólidos em suspensão, cor aparente elevada, temperatura elevada e, possivelmente, presença de metais solubilizados, em especial o ferro. Contudo, não está prevista a presença de outros elementos contaminantes que necessitem de tratamento específico, conforme demonstrado nas análises químicas que fazem parte dos estudos realizados pela Sul Americana de Metais para verificar o potencial de geração de drenagem ácida em minérios, estéril e rejeitos, tendo sido verificado que essas atividades área não irão gerar efluentes contaminados e/ou contaminantes.

A barragem de rejeito terá, assim, a finalidade primária de reter os sólidos em suspensão presentes na água, o que deverá ocorrer a partir da decantação em função do tempo de detenção da água na barragem. Esse tratamento irá minimizar os níveis de turbidez, sólidos em suspensão, cor aparente e temperatura da água. Dessa forma, espera-se que o efluente a jusante da barragem esteja compatível com os parâmetros de referência para cursos de água doce Classe 2, de acordo com a Resolução do COPAM/CERH 01/2008, classificação atual dos cursos água da sub-bacia do córrego Lamarão.

A jusante da barragem de rejeitos do córrego Mundo Novo, assim como no córrego Lamarão, a jusante da cava, está prevista ainda a implantação de diques para contenção de partículas que, por ventura, não tenham sido retidas na barragem. Essas estruturas são consideradas como de segurança ambiental, visto que a barragem de rejeitos deverá, por si só, gerar as condições adequadas para lançamento das águas no curso d'água a jusante.

Ressalta-se que todo o córrego Mundo Novo encontra-se na Área Diretamente Afetada do complexo minerário. Portanto, todos os superficiários que hoje moram nessa área serão relocados pela Sul Americana de Metais. Com isso, não haverá consumo da água do córrego Mundo Novo no intervalo entre a barragem de rejeitos e o encontro com o córrego Lamarão.

Com o avanço da cava para leste, será implantado também um dique de contenção de sedimentos finos no limite nordeste da área do complexo minerário, no córrego Lamarão, com a finalidade estabelecer uma estrutura complementar de retenção de sedimentos, caso as outras não sejam suficientes. Assim sendo, a qualidade da água a jusante do empreendimento deverá estar compatível com os parâmetros de referência estabelecidos para cursos de água doce Classe 2.

No momento da implantação da barragem de rejeitos e dos diques de contenção será realizado o monitoramento das águas a jusante dessas estruturas, com a finalidade de verificar o atendimento das águas aos parâmetros estabelecidos na legislação vigente. Caso haja necessidade, nesse momento, será realizado um estudo de diluição do efluente e implantadas medidas de controle para garantir que a qualidade mínima dos corpos d'água seja atendida.

## 13 - ANÁLISE INTEGRADA

As áreas de estudo do complexo minerário e adutora do projeto Vale do Rio Pardo encontram-se localizadas a leste da Serra do Espinhaço, abrangendo parte dos municípios de Grão Mogol, Padre Carvalho e Josenópolis, norte do Estado de Minas Gerais.

Do ponto de vista geológico toda a área de estudo encontra-se na formação Nova Aurora, do Grupo Macaúbas, que regionalmente corresponde a rochas metassedimentares, que ocorrem na borda leste da Serra do Espinhaço.

As rochas identificadas compreendem, basicamente, metadiamicritos, xistos, filitos e quartzitos, sendo mais expressivas em termos espaciais, as ocorrências de metadiamicritos. As jazidas de minério de ferro na região estão associadas à ocorrência dos metadiamicritos, sobretudo os hematíticos.

Quanto ao relevo verifica-se que toda a área de estudo, da mina e adutora, encontra-se situado sobre extensas chapadas, ligeiramente basculadas para leste e recortadas por zonas de intensa dissecação fluvial. Os rebordos erosivos das chapadas correspondem à transição entre os topos aplainados e os vales encaixados, configurando muitas vezes, escarpamentos rochosos. Nos vales ocorrem feições elaboradas tanto sobre depósitos de material coluvionar quanto sobre depósitos de material eluvionar. Esses materiais conformam as colinas que surgem nos patamares intermediários das vertentes locais, em meio a afloramentos pontuais de rocha.

Quanto aos processos morfodinâmicos verifica-se que a região evoluiu através de sucessivos ciclos de aplainamento e dissecação diretamente associados à dinâmica climática e ao forte condicionamento geotectônico que caracteriza a borda leste do Espinhaço. Desta maneira o relevo da região é fortemente subordinado a controles litológicos e estruturais e reflete a ocorrência de duas feições predominantes na morfologia da região: platôs e vales dissecados.

As feições do relevo na região estão preservadas em relação às suas condições originais uma vez que a principal atividade econômica desenvolvida na região, cultivo de eucalipto, nos topos das chapadas não modifica o relevo em si, mas sim a paisagem num contexto mais amplo. Não foram identificados processos erosivos e movimentos de massa representativos, ocorrendo erosões laminares, em sulcos e ravinas, além de voçorocas de pequenas dimensões no caso da área da adutora. Contribui para isto, em parte, a manutenção da cobertura vegetal nativa nos vales, e a cultura do eucalipto desenvolvida no topo das chapadas que protege os solos profundos que prevalecem sobre os platôs.

Identificou-se na área de estudo da mina e da adutora a ocorrência de Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-amarelos, Cambissolos Háplicos, Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos. Na área da mina predominam os Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-amarelos e os Cambissolos Háplicos. Os Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-amarelos ocorrem na alta e média vertente, enquanto que os Cambissolos Háplicos dominam as vertentes dos vales locais, muitas vezes associados a afloramentos de metadiamicritos.



Quanto à qualidade dos solos os resultados das análises realizadas indicaram a presença reduzida dos metais analisados. Apenas o cromo total se apresentou um pouco mais elevado, porém apenas no ponto 08-SL-01 e em uma concentração inferior aos valores de investigação previstos. Desta forma pode-se concluir que não existem indícios de contaminações e alterações significativas na qualidade do solo da região analisada. Tal fato nos leva a crer que a atuação humana, principalmente a atividade silvícola na área, não foi capaz de alterar as características naturais do solo.

Em relação ao patrimônio espeleológico, apesar da estrutura geológica da região não ser típica para a formação de cavidades, os levantamentos de campo identificaram 25 cavernas na área do complexo minerário e entorno. Após os levantamentos de campo foram realizados exaustivos estudos de identificação de todo este patrimônio espeleológico. Tal estudo foi a base para a etapa de valoração das cavidades. Após a complementação dos estudos de valoração, os resultados apresentaram 4 cavidades de máxima relevância, 11 cavidades de alta e 10 cavidades de média relevância. Não foi identificada nenhuma cavidade de baixa relevância. Ao longo do estudo também foi possível identificar vários abrigos e reentrâncias que não foram categorizados como cavidades neste estudo. Sendo assim, ao contrário do que se esperava, a presença de cavidades na região mostrou-se bastante intensa e relevante, haja vista que muitas delas apresentaram habitat de troglóbio raro, presença de material lítico polido, abundância alta de organismos, cavidade de gênese rara ou única (paleotoca) e a presença de dois sítios arqueológicos.

A área de estudo da adutora insere-se na bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, abrangendo parte das sub-bacias do rio Itacambiruçu, ribeirão Santana, córrego Bonito, córrego Lamarão, entre outros. Já a área de estudo do complexo minerário insere-se nas sub-bacias do córrego Jiboia, córrego Lamarão e seus principais afluentes: córregos Capão da Onça, Capão do Meio, Batalha, do Vale, da Nem, Mundo Novo e D'água. O córrego Lamarão é afluente da margem direita do rio Vacaria, que por sua vez, deságua no rio Jequitinhonha.

Todas as drenagens da região possuem caráter de vazão permanente e forte condicionamento estrutural, com vários segmentos de seus canais retilíneos e encaixados. Na área da mina os córregos têm seus fluxos orientados preferencialmente para norte e nordeste.

Identificou-se, sobretudo na área do complexo minerário, inúmeras nascentes durante o levantamento e cadastramento realizado, conforme apresentado no Relatório de Nascentes, Travessias e Usos - Anexo nº 04 do Módulo 14. Nas sub-bacias citadas por vezes se fazem presentes algumas barragens de acumulação de água que tem a função de suprir as demandas locais como consumo humano do povoado do Vale das Cancelas, caso da barragem do córrego Batalha, ao sul da área pretendida para a mina, e das outras barragens utilizadas para atividades de apoio à silvicultura. Outro uso representativo é a dessedentação animal realizada em pequenos açudes ou diretamente nos leitos dos cursos de água locais.

No que diz respeito à qualidade da água, os resultados de laboratório das amostras coletadas em toda a área de estudo - mina e adutora, indicaram que não há nenhuma alteração qualitativa da mesma. Todos os parâmetros analisados ficaram abaixo dos valores estabelecidos por padrões e/ou normas existentes. Desta forma pode-se concluir que a atuação humana, principalmente a atividade de silvicultura na área, não foi capaz de alterar as características químicas naturais da água.

No contexto hidrogeológico verifica-se que os aquíferos locais são representados pelos tipos granular e fissural. O sistema granular, com uma espessura média de 25 metros, atua mais como unidade de transmissão de água e menos como unidade de armazenamento de água. Já o sistema fissural, com espessura média de 15 metros, atua predominantemente como unidade de armazenamento de água, estritamente em fraturas. Os ensaios de infiltração demonstraram que o sistema granular apresenta, em geral, condutividade hidráulica média a alta, com exceção de algumas intercalações menos condutivas.

Ainda em relação à recarga dos aquíferos locais, a que se mencionou que em relação à permeabilidade dos solos que recobrem a região, esta é bastante variada, tanto horizontalmente quanto verticalmente, mas de modo geral dificulta a infiltração da água devido à textura argilosa dos solos, advinda da alteração dos metadiamicritos presentes na área. Os metadiamicritos, em geral, apresentam boa favorabilidade hidráulica, tanto no que se refere aos processos de infiltração quanto ao armazenamento e descarga, sendo então considerados como bons aquíferos.

Quanto aos atuais níveis de ruído, conforme verificado de acordo com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 01/1990, observou-se que os mesmos foram ligeiramente excedidos em apenas um ponto monitorado na campanha do mês de fevereiro de 2011, sendo o excesso, porém, considerado não significativo. Já na campanha do mês de novembro de 2011, apenas um ponto estava em conformidade com a lei. Contudo, as maiores fontes ruidosas foram provenientes do som da fauna local, especialmente na avifauna. Não existe no local nenhuma fonte ruidosa de grande proporção de origem antrópica, como, por exemplo, indústria, construção civil.

No que diz respeito à qualidade do ar, os monitoramentos realizados para se analisar a qualidade do ar tanto da área do complexo minerário, quanto da adutora pode-se concluir que os resultados encontrados referentes aos parâmetros medidos para a qualidade do ar nas regiões monitoradas apresentam-se em conformidade com a Resolução CONAMA 03/1990 e também com a DN COPAM 01/1981. Desta forma, tomando-se como base a relação ao IQA, e baseando-se nos resultados anteriormente apresentados, pode-se dizer que a qualidade do ar apresentou-se na condição "BOA". Este fato vem ao encontro das atividades ambientais existentes atualmente na região de estudo, como por exemplo, ausência de atividade antrópica de grande relevância, tais como mineração, siderurgia, metalurgia, e demais atividades com alto potencial de alteração da qualidade do ar.

Também foram monitorados na área pretendida para a implantação do complexo minerário os níveis de vibração, sendo que os resultados encontram-se dentro dos limites estabelecidos, não havendo nenhuma alteração a ser considerada.

Assim observa-se que o ambiente local em relação aos atributos do meio físico, em uma perspectiva integrada, encontra-se em equilíbrio em toda a região onde se pretende implantar o complexo minerário e a adutora do Projeto Vale do Rio Pardo. As principais alterações identificadas na região referem-se ao cultivo de maneira intensiva do eucalipto que, associado à agropecuária extensiva que se faz presente, tem causados efeitos pouco representativos em termos espaciais, como a compactação do solo, o aumento do escoamento superficial, o favorecimento a ocorrência de pequenos focos erosivos, entre outros aspectos. Por outro lado, observou-se que a disponibilidade hídrica local, sobretudo na área de estudo do complexo minerário, é razoável e consegue manter a atual estrutura econômica baseada na agricultura e pecuária de subsistência, aliadas às atividades de silvicultura que empregam uma pequena porção da população local. Ainda em relação aos recursos hídricos o lançamento de dejetos sanitários nos cursos d'água ou em fossas comuns representa um ponto de fragilidade, dado ao elevado potencial que estes sistemas sanitários possuem de contaminar os recursos hídricos subterrâneos.

## **14 - ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS - MEIO FÍSICO**

A interpretação de parâmetros do Zoneamento Ecológico - Econômico do Estado de Minas Gerais (ZEE) é apresentado no Anexo 25 do presente EIA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKMIM, F.F.; Marshak S.; Pedrosa-Soares, A.C.; Peres G.G.; Cruz, S.C.P.; WHITTINGTON, A. 2006. Kinematic Evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. **Precambrian Research.**, 149:43-64.
- ALKMIM, F.F.; PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; CRUZ, S.C.P. 2007. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. **Geonomos**, 15(1): 25-43.
- ALLEY, W.M. 2007. Another water budget myth: the significance of recoverable ground water in storage. *Ground Water*, 45(3):251.
- ALMEIDA, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, 7: 349-364.
- ALMEIDA, F.F.M., HASUI, Y., RODRIGUES, E.P. & YAMAMOTO, J. 1978. A Faixa de Dobramentos Araçuaí na região do Rio Pardo. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 30, Recife. SBG, Anais, v.1, p. 270-283.
- ARACEMA, L.W., NEVES, A.C., FERREIRA, J.C., PEDROSA-SOARES, A.C., LOBATO, L.M. & NOCE, C.M. 2000. Novas evidências de remanescentes oceânicos na Faixa Araçuaí: as rochas metaultramáficas de São José da Safira. **Geonomos**, 8 (1): 55-61.
- ATLAS Digital das Águas de Minas; uma ferramenta para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Disponível em: < <http://www.atlasdasaguas.ufv.br/>>.
- AYOADE, J.O. Introdução à Climatologia para os Trópicos. 5 ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998. 332 p.
- BABINSKI, M.; GRADIM, R.J.; PEDROSA-SOARES, A.C.; ALKMIM, F.F.; NOCE, C.M. & LIU, D. 2005. Geocronologia U-Pb (SHRIMP) e Sm-Nd de xistos verdes basálticos do Orógeno Araçuaí: Implicações para a idade do Grupo Macaúbas. **Revista Brasileira de Geociências**, 35 (4 - Suplemento): 77-81, dezembro de 2005.
- BABINSKI, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; MARTINS, M.; LIU, D.; NOCE, C.M. & KARFUNKEL, J. 2007. U-Pb SHRIMP dating of detrital zircons from the Macaúbas Group, southeast Brazil: implications on the depositional age and provenance of pre-glacial and glaciogenic sediments. *In: Symposium on Neoproterozoic-Early Palaeozoic Events in SW Gondwana*, 3, IGCP-478, Stellenbosch, South Africa.
- BARBOSA, G.V. 1960. Reconhecimento geomorfológico. *In: Estudo geográfico do Vale do Médio Jequitinhonha*, Belo Horizonte, Imprensa Oficial, seção 01; p. 18-48.

- BARBOSA, G.V.; KOHLER, H.C.; NASCIMENTO, N.R. do & CASTRO, V.H.C. 1980. **Depósitos cenozóicos de Virgem da Lapa, MG.** IGC-IFMG, Belo Horizonte-MG, 12 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.
- BISPO, F. H. A. Gênese e classificação de solos em topossequência de veredas das chapadas do Alto Vale do Jequitinhonha, MG. - Dissertação de Mestrado. Diamantina: UFVJM, 2010.98 p. Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/96/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20de%20F%C3%A1bio%20Bispo.pdf>.
- BOUMA, A. H. 1962. *Turbidites-Sedimentology of some Flysch Deposits.* Amsterdam, Elsevier. 168 p.
- BRANDT MEIO AMBIENTE. **Estudo de Disponibilidade Hídrica para o Projeto do Bloco 8.** Votorantim Novos Negócios. Salinas, Minas Gerais. Dez., 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos da Zona do Médio Jequitinhonha - Minas Gerais. Rio de Janeiro: Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1970. 340p. (EPE - EPFS. Boletim Técnico, 9)
- CALDER, I.R; HALL, R.L; ADLARD, P.G. Growth and water use of forest plantations. Chichester: J. Wiley, 1992. 381p.
- CAMPOS, J.C.F; SCHAEFER, C.E.G.R; KER, J.O.C; SAADI, A; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. 2008. Gênese e Micropedologia de Solos do Médio Jequitinhonha, de Turmalina a Pedra Azul, MG. Revista Genomos. Disponível em: [http://www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/5\\_1\\_41\\_54\\_Campos.pdf](http://www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/5_1_41_54_Campos.pdf).
- CARMO, F.F; CARMO, F.F; SALGADO. A.A.R; JACOBI, C.M. **Novo Sítio Espeleológico em Sistemas Ferruginosos, no Vale do Rio Peixe Bravo, Norte de Minas Gerais, Brasil.** SBE - Campinas, SP. Espeleo-Tema. v.22, n.1. 2011.
- CASTILHO, C.P.G.1 FILHO, J.T. A importância da cobertura vegetal na atenuação da precipitação que atinge o solo - Estudo de caso: cultura de cana-de-açúcar. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão Goiânia (GO), 03 a 06 de maio de 2001
- CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; KOUSKY, V. E. Análise se um caso de atividade convectiva associada a linhas de instabilidade da região sul e sudeste do Brasil. INPE-2574-PRE/222. Nov., 1982.
- CETEC, 1983. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais / CETEC. **Diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte. 1v. (Série de Publicações Técnicas, 10.).

- CETEC. FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico da Situação Ambiental do Vale do Jequitinhonha. In: Projeto Estudos Integrados do Vale do Jequitinhonha.** Belo Horizonte, MG, 1980.
- CETEC. FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: 1982. 158 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial.** São Paulo: Edgar Blucher Ltda., 1981.
- COBRA R. 1970. Geologia da Área da Sudene ao sul do paralelo 16. Minas Gerais. **Relatório Inédito.**
- COMIG. 1996. Projeto Espinhaço. Belo Horizonte, Cia. Mineradora de Minas Gerais. (inclui 23 mapas geológicos na escala de 1:100.000).
- CPRM (Serviço Geológico do Brasil). 2004. **Projeto SIG de Disponibilidade Hídrica do Brasil. Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos.**
- CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Estados de Minas Gerais e Bahia. Bacia do Rio Jequitinhonha. Diagnóstico do Município de Fruta de Leite.** Belo Horizonte, 2005a.
- CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Estados de Minas Gerais e Bahia. Bacia do Rio Jequitinhonha. Diagnóstico do Município de Josenópolis.** Belo Horizonte, 2005c.
- CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Estados de Minas Gerais e Bahia. Bacia do Rio Jequitinhonha. Diagnóstico do Município de Padre Carvalho.** Belo Horizonte, 2005d.
- CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Estados de Minas Gerais e Bahia. Bacia do Rio Jequitinhonha. Diagnóstico do Município de Grão Mogol.** Belo Horizonte, 2005b.
- CPRM-CODEMIG 2003. **Mapa Geológico de Minas Gerais, escala 1:1.000.000.** Belo Horizonte, Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, CD-ROM.
- CREPANI, E.; et.al. Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico. São José dos Campos: INPE, 2001. 25p.
- DOURADO NETO, D. Balanço hídrico cíclico e sequencial: estimativa de armazenamento de água no solo. Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, XI, setembro, 1996, p.30-42.

- EGGER, V.A., 2006. O Supergrupo do Espinhaço entre Serranópolis de Minas e Mato Verde (MG): Estratigrafia e implicações para o entendimento dos depósitos aluvionares de diamantes na região. Universidade Federal de Minas Gerais. I.G.C. Departamento de Geologia. **Dissertação de Mestrado**.
- EMBRAPA SOLOS, 2006. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Rio de Janeiro.
- EMBRAPA, 2004. **Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais**. Boletim de Pesquisa 63 e Desenvolvimento. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 1678-0892 Dezembro, 2004.
- EUCLYDES, H.P.; FERREIRA, P.A.; FARIA FILHO, R.F.R. **Atlas digital das águas de Minas**. Viçosa: UFV/RURALMINAS/IGAM, 78 p. 2005.
- FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE, 2011. Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais. 2011.
- FERREIRA, Vanderlei; SAADI, Allaoua. (IN) Disponibilidade hídrica e subdesenvolvimento socioeconômico em unidades de paisagem da Bacia do Rio Jequitinhonha, em Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**, Brasília, DF, 12.40, 31 12 2011. Disponível em: <<http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/viewarticle.php?id=1749>>. Acesso em: 24 04 2012.
- FERREIRA, O. V. 2007. Unidades De Paisagem da Bacia do Rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: Subsídios Para A Gestão De Recursos Hídricos. Intituto de Geografia UFU CAMINHOS DE GEOGRAFIA - revista on line. v. 12, n. 37 mar/2011 p. 239- 257 Página 239. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html> ISSN 1678-6343.
- FERREIRA, V. O. **Paisagem, Recursos Hídricos e Desenvolvimento Econômico na Bacia do Rio Jequitinhonha, em Minas Gerais**. Tese de Doutorado. UFMG. 2007.
- FILHO, B. S.S.; CARMO, V. A do & NOGUEIRA, W. J. **Metodologia de elaboração da carta do potencial erosivo da Bacia do Rio das Velhas (MG)**. Geonomos, 6 (2): 45-54.
- FRANK, P.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. 2006. **Para Entender a Terra**. Tradução: Rualdo Menegat. Porto Alegre, RS. 656p.
- GOLDER ASSOCIATES BRASIL. **Estudos Hidrológicos e Hidrogeológicos. - Projeto Vale do Rio Pardo**. Dezembro, 2011.
- GOLDER ASSOCIATES, 2011. **Estudos hidrológicos e hidrogeológicos**. Projeto vale do Rio Pardo. (RT-001\_119-515-4003-01-J). 70p.



- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p.1-46.
- GRADIM, R.J.; ALKMIM, F.F.; PEDROSA-SOARES, A.C.; BABINSKI, M. & NOCE, C.M. 2005. Xistos Verdes do Alto Araçuaí, Minas Gerais: Vulcanismo Básico do Rifte Neoproterozóico Macaúbas. **Revista Brasileira de Geociências**, 35 (4-suplemento): 59-69.
- GROSSI-SAD J.H., Roque, N.C., Knauer L.G., Noce C.M., Fonseca E. 1997. Geologia da Folha Carbonita. In: J.H. Grossi-Sad, L.M. Lobato, A.C. Pedrosa-Soares, B.S. Soares-Filho (eds) Projeto Espinhaço em CD-ROM. Belo Horizonte, CODEMIG, pp. 1251-1371.
- GROSSI-SAD, J.H., LOBATO, L.M., PEDROSA-SOARES, A.C., SOARES-FILHO, B.S.(eds), 1997. Projeto Espinhaço em CD-ROM. Belo Horizonte, Companhia Mineradora de Minas Gerais.
- GUERRA, A. J. T. (1994). **Coletânea de Textos Geográficos de Antonio Teixeira Guerra**. (Organizador), Ed. Bertrand Brasil, 440p.. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 440 p.
- GUERRA, A. J. T. ; CUNHA, S. B. . **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. RIO DE JANEIRO: BERTRAND, 1994. 500 p.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). 2003. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 149-199
- GUIMARÃES, M.L.V.; CROCCO-RODRIGUES, F.A.; DE ABREU, F.R.; BELO DE OLIVEIRA, O.A.; GRECO, F.M. Geologia do Bloco Itacambira-Monte Azul entre Barroco e Porteirinha (MG). In: **Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos**, 4, 1993, Belo Horizonte. Resumos... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993, p. 74-78.
- HIDROTEC: Geração e transferência em recursos hídricos para o estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.hidrotec.ufv.br>>.
- HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrographical approach to quantitative morphology**. Geological Society of America Bulletin, v.56, n.2, p.275-370, 1945.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Relevo do Brasil**. Escala original 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 2006.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2ª ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p. - (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n. 5).

IBGE, 2006. Mapa de solos do Brasil. IBGE, Rio de Janeiro. IBGE, 2006.

IBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas Topográficas**, 2011 (1:100.000).

INMET, dados Climatologia Oficial (1961-1990): Salinas.

INMET, dados das estações automáticas: Salinas 2007 a 2010.

IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo - Bacia do Peixe-Paranapanema: Potencial Natural e Antrópico à erosão Laminar**. São Paulo: Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, SP, 1988. 110 p., 7 mapas.

JUSTINO, D., BRAGA, D.M., FERNANDES, R.C. **Mapeamento Geológico a sul da cidade de Salinas, Minas Gerais**. Trabalho de Graduação. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

KARFUNKEL, B. & KARFUNKEL, J. 1975. Fazielle Entwicklung der mittleren Espinhaço-Zone mit besonderer Berücksichtigung des Tillit-Problems. Diss. Doutorado, Universidade Freiburg/Alemanha, 86 p.

KARFUNKEL, B. & KARFUNKEL, J. 1977. Geologia da Serra do Espinhaço no norte de Minas Gerais (Itacambira-Botumirim). In: 29º **Congresso Brasileiro de Geologia**. Ouro Preto, Minas Gerais, Anais, p. 169-177.

KARFUNKEL, J.; PEDROSA-SOARES, A. C. & DOSSIN, I. A. 1985. O Grupo Macaúbas em Minas Gerais: revisão dos conhecimentos. **Boletim do Núcleo Minas Gerais-Sociedade Brasileira de Geologia**, 5: 45-59.

KAWAKUBO, F.S et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. Anais...São José dos Campos: INPE, 2005.

KING, L.C. 1956. **Geomorfologia do Brasil Oriental**. Revista Brasileira de Geografia 18(2):1-147.

KLAR, A.E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel. 1984. 408 p.

MARSHAK, S., ALKMIM, F.F., WHITTINGTON, A., PEDROSA-SOARES, A.C. 2006. Extensional collapse in the neoproterozoic Araçuaí orogen, eastern Brazil: a setting for reactivation of asymmetric crenulation cleavage. **Journal of Structural Geology**, 28: 129-147.

- MARTINS, M.S. 2006. **Geologia dos diamantes e carbonados aluvionares da bacia do Rio Macaúbas**, MG. Belo Horizonte, IGC-UFMG, Tese de Doutorado.
- MICHELE DUARTE DE MENEZESI; NILTON CURIII; JOÃO JOSÉ MARQUESII; CARLOS ROGÉRIO DE MELLOIII; ALEXANDRE ROMEIRO DE ARAÚJO. IV **Levantamento pedológico e sistema de informações geográficas na avaliação do uso das terras em sub-bacia hidrográfica de Minas Gerais**. Ciênc. agrotec. vol.33 no.6 Lavras Nov./Dec. 2009.
- MOURÃO, M. A. A. & GROSSI-SAD, J. H. 1997. Geologia da folha padre carvalho . In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, I. M.; Pedrosa-Soares, A. C. & Soares-Filho, B. S. (coordenadores e editores). **Projeto Espinhaço** em CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. p.315-418.
- MOURÃO, M. A. A. & PEDROSA-SOARES, A. C. 1992. Evidências de sedimentação turbidítica no Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí. **Revista da Escola de Minas**. Ouro Preto, MG. **45**, 94-96.
- NEARY, D.G. & HORNBECK, J.W. Impacts of harvesting and associated practices on off-site environmental quality. In: DYCK, W.J.; COLE, D.W. & COMERFORD, N.B. **Impacts of forest harvesting on long-term site productivity**. London: Chapman & Hall, 1994. P. 81-118.
- NETO, J.F.C. Elaboração de mapas de vulnerabilidade natural à erosão como subsídio ao zoneamento ambiental em bacias hidrográficas com o uso de geoprocessamento. REVISTA BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA - RBE. 2010.
- NOCE, C.M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; GROSSI SAD, J.H.; BAARS F.J.; GUIMARÃES, M.L.V.; MOURÃO, M.A.A.; OLIVEIRA M.J.R.; ROQUE, N.C. 1993. Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: o registro de uma bacia neoproterozóica. **Boletim do Núcleo Minas Gerais-Sociedade Brasileira de Geologia**, 14:29-31.
- NOCE, C.M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; GROSSI-SAD, J.H.; BAARS, F.J.; GUIMARÃES, M.L.V.; MOURÃO, M.A.A.; OLIVEIRA, M.J.R.; ROQUE, N.C. 1997. Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O registro de uma bacia neoproterozóica. In: **Simpósio Geologia**.
- OLIVEIRA, A. F. Erosão hídrica em florestas de eucalipto na região sudeste do rio Grande do sul. 2008. Dissertação. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG.
- OLIVEIRA, A. M. M. de; PINTO, S. dos A. F. & NETO, F. L. **Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo predictivo**. Revista Eletrônica de Geografia, vol. 5, 2007.

- OLIVEIRA, F.R. 2004. Hidrogeologia do Médio Jequitinhonha, MG e a Utilização de Neotectônica como Ferramenta no Estudo de Aquíferos Fissurais da Região.
- PARZANESE, C. Gênese e desenvolvimento de voçorocas em solos originados de rochas granitóides na região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais. 1991. (Dissertação de mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991. 117p
- PEDROSA-SOARES 1981. **A geologia da Folha de Virgem da Lapa, Minas Gerais.** IGC/UFMG, Relatório Final de Bolsa de Aperfeiçoamento-CNPq, 52p.
- PEDROSA-SOARES, A. C., MONTEIRO, R.L.B.P., NOCE, C. M., FREITAS-SILVA, F.H., OLIVEIRA, M.J.R. & SCHETTINO, A. 1990. Caracterização de uma sequência vulcano-sedimentar distal na Faixa Araçuaí, MG: bacia oceânica restrita? *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 36, Natal. SBG, Boletim de Resumos, p. 308.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; VIDAL, P.; MONTEIRO, R. & LEONARDOS, O. H. 1992. Toward a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) - West Congolian (SW Africa) Belt. **Journal of South American Earth Sciences**, 6: 33-47.
- PEDROSA-SOARES, A.C. & NOCE, C.M. 1998. Where is the suture zone of the Neoproterozoic Araçuaí-West-Congo orogen? *In: Conference on Basement Tectonics*, 14, Ouro Preto. UFOP, Extended Abstracts, p. 35-37.
- PEDROSA-SOARES, A.C. & SAADI, A. 1989. **O segmento meridional da Falha de Taiobeiras, MG.** *In: SIMP. GEOL. MG*, 5, Belo Horizonte, 1989. Anais..., SBG-MG, 1989, Bol. SBG-MG, (10):161-165.
- PEDROSA-SOARES, A.C. & WIEDEMANN-LEONARDOS, C.M. 2000. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil. *In: U. Cordani, E. Milani, A. Thomaz-Filho & D. A. Campos (Eds), Tectonic Evolution of South America.* São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 265-285.
- PEDROSA-SOARES, A.C. 1995. **Potencial aurífero do Vale do Araçuaí, Minas Gerais: história da exploração, geologia e controle tectono-metamórfico.** Brasília, IG-UnB, Tese de Doutorado.
- PEDROSA-SOARES, A.C. 1997. Geologia da Folha Araçuaí. *In: J.H. Grossi-Sad, L.M. Lobato, A.C. Pedrosa-Soares & B.S. Soares-Filho (eds), Projeto Espinhaço em CD-ROM.* Belo Horizonte, CODEMIG, p. 715-852.
- PEDROSA-SOARES, A.C., LEONARDOS, O. H. & CORREIA-NEVES, J.M. 1984. Aspectos metamórficos de sequências supracrustais da Faixa Araçuaí em Minas Gerais. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 33, Rio de Janeiro. SBG, *Anais*, v. 7, p. 3056-3068.

- PEDROSA-SOARES, A.C., VIDAL, P., LEONARDOS, O.H. & BRITO-NEVES, B.B.1998. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: Further evidence and refutation of an exclusively ensialic evolution for the Araçuaí-West Congo orogen. *Geology*, **26**: 519-522.
- PEDROSA-SOARES, A.C.; ALKMIM, F.F.; TACK, L.; NOCE, C.M.;BABINSKI, M.; SILVA, L.C.; MARTINS-NETO, M.A. 2008. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West-Congo orogen. **Geological Society**, London, Special Publications, **294** (a ser lançado em início de 2008).
- PEDROSA-SOARES, A.C.; BABINSKI, M.; NOCE, C.; MARTINS; M.; QUEIROGA, G.; VILELA, F. 2010. **The Neoproterozoic Macaúbas Group (Araçuaí orogen, SE Brazil) with emphasis on the diamictite formations**. [no prelo].
- PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; ALKMIM, F.F.; SILVA, L.C.; BABINSKI, M., CORDANI, U.; CASTAÑEDA, C. 2007. Orógeno Araçuaí: Síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. **Geonomos**, **15**(1): 1-16.
- PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; WIEDEMANN, C.M. & PINTO, C.P. 2001. The Araçuaí-West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanland assembly. **Precambrian Research**, **110**: 307-323.
- QUEIROGA, G.N.; PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; ALKMIM, F.F.; PIMENTEL, M.M.; DANTAS, E.; MARTINS, M.; CASTAÑEDA, C.; SUITA, M.T.F. & PRICHARD, 86 H. 2007. Age of the Ribeirão da Folha ophiolite, Araçuaí Orogen: The U-Pb Zircon (Ia-icpms) dating of a plagiogranite. **Geonomos**, **15**: 61-65.
- QUEIROGA, G.N.; PEDROSA-SOARES, A.C.; QUÉMÉNEUR, J. & CASTAÑEDA, C. 2006. A unidade metassedimentar do ofiolito de Ribeirão da Folha, Orógeno Araçuaí, Minas Gerais: petrografia, geotermobarometria e calcografia. **Geonomos**, **14** (1): 25-35.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo : Manole, 1990. 171 p.
- RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Levantamentos de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**,
- ROCHA, R. P., 1992 Simulação numérica de sistema de mesoescala sobre a América do Sul. Tese de Mestrado. IAG/USP.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizado. In: Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.8, p.3-74, 1994.

- SAADI, A. **A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens**. Geonomos, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.
- SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais**. Belo Horizonte-MG, IGC/UFMG, Tese para admissão a cargo de Professor Titular, maio de 1991, 300 p.
- SAADI, A.; MAGALHÃES Jr. A. P. & MARQUES, M. R. **UHE IRAPÉ, Etapa 1 - Estudos de viabilidade: Meio ambiente - Geomorfologia - Relatório Final**. ENERCONSULT/CEMIG, VIR-3473, Novembro de 1991.
- SANCHÉZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 495p.
- SIGA JUNIOR, O. **A Evolução geotectônica da porção nordeste de Minas Gerais, com base em interpretações geocronológicas**. São Paulo, 1986., 140 p. Tese (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- SIGA JÚNIOR, O.; CORDANI, U.G.; BASEI, M.; TEIXEIRA, W.; KAWASHITA, K. & VAN SCHMMUS, W.R. 1987. Contribuição ao estudo geológico e geocronológico da porção nordeste de Minas Gerais. **Anais 4 Simpósio Geologia de Minas Gerais**, SBG-Núcleo MG, Bol. 7: 29-44, Belo Horizonte.
- SILVA, M. J. D. da & BARBIERIE, A. C. **A urbanização da cidade de Bauru/SP: os riscos e o impacto ambiental devido aos processos erosivos**. São Paulo, 2004.
- SIMÕES, D. F. F.; KER, J. C; FONTES, M. P. F; CORRÊA, A. C. U; ARAÚJO, E. A. Caracterização de Neossolos Flúvicos, Cambissolos e Cupinzeiros Associados Utilizados na Agricultura de Subsistência do Médio Jequitinhonha-MG. XXXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Gramado 2007. Disponível em: [http://www6.ufrgs.br/cbcs/trabalhos/trabalhos/trab\\_2301-1572.pdf](http://www6.ufrgs.br/cbcs/trabalhos/trabalhos/trab_2301-1572.pdf)
- STRAHLER, A.N. **Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology**. Trans. Amer. Geophys. Union, 1952, 38: 913-920.
- SUITA, M.T.F.; PEDROSA-SOARES, A.C.; LEITE, C.; NILSON, A.A. & PRICHARD, H. 2004. Complexos Ofiolíticos do Brasil e a Metalogenia Comparada das Faixas 87 Araçuaí e Brasília. In: E. Pereira, R. Castroviejo & Ortiz, F. (eds), Complejos Ofiolíticos en Iberoamerica: guias de prospeccion para metales preciosos. **Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo-CYTED**, Madrid, p. 101-132.
- SUITA, M.T.F.; PEDROSA-SOARES, A.C.; LEITE, C.; NILSON, A.A.; PRICHARD, H. 2004. Complexos Ofiolíticos do Brasil e a Metalogenia Comparada das Faixas 87 Araçuaí e Brasília. In: E. Pereira, R. Castroviejo & Ortiz, F. (eds), Complejos Ofiolíticos en Iberoamerica: guias de prospeccion para metales preciosos. **Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo-CYTED**, Madrid, p. 101-132.

- TACK, L.; WINGATE, M.T.D.; LIÉGEOIS, J.P.; FERNANDEZ-ALONSO, M., DEBLOND A. 2001. Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian groups (Bas-Congo): Onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton. **Precambrian Research.**, 110:277-306.
- TRICART. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE (SUPREN). 1977.
- TROMPETTE, R. 1994. Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma). **Pan-African-Brasiliano aggregation of South America and Africa. Rotterdam, A.A. Balkema**, 350 p.
- UHLEIN, A. & TROMPETTE, R., 1993. Cisalhamento dúctil, dobras com eixo paralelo à lineação de estiramento e a estrutura da faixa Araçuaí (MG). **Geociências** 12 (1): 71-87, São Paulo.
- UHLEIN, A., 1991. **Transição Cráton-Faixa Dobrada: Exemplo do Cráton São Francisco e Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 295.
- UHLEIN, A.; TROMPETTE, R.; EGYDIO-SILVA, M. 1995. Rifeamentos superpostos e tectônica de inversão na borda sudeste do Cráton do São Francisco. **Geonomos**: 3(1): 99-107.
- UHLEIN, A.; TROMPETTE, R.R.; EGYDIO-SILVA, M. 1998. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 11(2):191-203.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. v. 9, n. 105, p. 3-25, 1983.
- VELASCO, I. e J.M. Fritsch, 1987: Mesoscale convective complexes in the Americas. *J. Geophys. Res.*, 92, D8, 9591-9613.
- VIANELLO, R. L. Meteorologia Básica e Aplicações. Viçosa: UFV, 2000.
- VILELA, F.T., 2010. **Caracterização de metadiamicritos ferruginosos da formação Nova Aurora (Grupo Macaúbas, Orógeno Araçuaí) a oeste de Salinas, MG.** Universidade Federal de Minas Gerais. I.G.C. Departamento de Geologia. Dissertação de Mestrado.
- VITTE, A. C.; MELLO, J. P. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas consequências na morfogênese das vertentes: Um balanço bibliográfico. 2007. *Climatologia e Estudos da Paisagem*. Rio Claro - Vol.2 - n.2 -, p. 107.

VIVEIROS, J. F. M. SÁ, E. L. ,VILELA, O. V., SANTOS, O. M., MOREIRA, J. M. P.  
1979. Geologia dos vales dos rios Peixe Bravo e Alto Vacaria, norte de Minas Gerais. In: **1º Simpósio de Geologia de Minas Gerais**, Diamantina, p. 75 - 87.

VIVEIROS, J.F.M.; SÁ, E.; L., VILELA, O. V.; SANTOS, O. M. & MOREIRA, J.M.P.  
1978. Geologia dos Vales dos rios Peixe Bravo e Alto Vacaria, norte de Minas Gerais. **Anais, 30º Congr. Bras. Geologia**, Vol. 1, Recife, p. 243-250.

WISCHMEIER, W.H. e Smith, D.D. **Rainfall energy and its relationship to soil loss**. Transactions, American Geophysical Union, v.39 (2), p.285-291. 1958.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS.  
Disponível em: ([http://www.zee.mg.gov.br/zee\\_externo/](http://www.zee.mg.gov.br/zee_externo/)); Acessado em 2012.



## GLOSSÁRIO

- **Acidente geográfico** termo utilizado em Geografia para designar a apresentação contrastante do terreno quando confrontado com as áreas próximas.
- **Acidez da água** Quantidade de ácido, expressa em miliequivalentes de uma base forte por litro de água, necessária para titular uma mostra a um determinado valor do pH.
- **Adutora** denominação dada às canalizações dos serviços de abastecimento público, destinadas a conduzir água dos mananciais às estações de tratamento, ou das estações de tratamento, ou das estações de tratamento aos sistemas de distribuição. Podem funcionar por recalque ou gravidade.
- **Adutora de água não potável** Denominação aplicada as canalizações dos serviços de abastecimento público, destinadas a conduzir água não potável dos mananciais às estações de tratamento. Podem ser por recalque e/ ou gravidade e, neste último caso, em conduto forçado ou livre.
- **Adutora de água potável** Denominação aplicada as canalizações dos serviços de abastecimento público destinadas a conduzir água potável, geralmente das estações de tratamento aos sistemas de distribuição, podendo, em alguns casos, conduzir água bruta potável do manancial aos sistemas de distribuição. Podem ser por recalque ou gravidade e sempre em conduto fechado.
- **Afloramento** Exposição natural em superfície, de rocha ou mineral, bem como, quaisquer outras exposições acessíveis à observação humana, tais como: corte de estradas, túneis, galerias subterrâneas, poços, etc.
- **Afluente** Denominação aplicada a qualquer curso d'água, cujo volume ou descarga contribui para aumentar outro, no qual desemboca. Tributário.
- **Água** Substância mineral encontrada na natureza em estado líquido, sólido ou em forma de vapor, formada por duas moléculas de hidrogênio e uma de oxigênio (H<sub>2</sub>O), sendo responsável pela existência e pela manutenção de toda a vida na Terra.
- **Água do solo** Água contida no meio poroso situado próximo à superfície topográfica; ocorre como água pelicular.
- **Água disponível** Teor de umidade que se encontra retido no solo disponível para ser utilizado pelas plantas. É delimitada pela quantidade de água armazenada entre a capacidade de campo e o ponto de murcha.
- **Água doce** Água que possui baixas concentrações de matéria dissolvida (salinidade inferior a 2 000 ppm) principalmente cloreto de sódio (NaCl).
- **Água lântica** Denominação genérica para indicar toda água parada, como a dos lagos.
- **Água lótica** Denominação utilizada para as águas correntes, como a dos rios.
- **Água potável** Água que se destina ao consumo humano, devendo se apresentar incolor e transparente a uma temperatura compreendida entre 80C e 110 C, além de não poder conter nenhum germe patogênico ou substância nociva à saúde .
- **Água profunda** Denominação aplicada a um corpo de água que apresenta uma profundidade superior à metade do comprimento das ondas superficiais normais.

- **Água salgada** Água em que a quantidade de matéria dissolvida é sensível ao paladar, ou seja, que apresenta concentrações acima de 1.000 mg/l.
- **Água salobra** Água que apresenta gosto sensível ao paladar devido as concentrações de sólidos totais dissolvidos estimados entre 500mg/l e 1 000mg/l.
- **Água subterrânea** Água presente no subsolo ocupando a zona saturada dos aquíferos, e movendo-se sob o efeito da força gravitacional. Difere da água do solo, pois nesta as forças que a comandam são as eletroquímicas, tais como capilaridade e adsorção.
- **Água superficial** Água que ocorre em corpos cuja superfície livre encontra-se em contato direto com a atmosfera, isto é, acima de superfície topográfica.
- **Altitude** Distância na vertical obtida a partir de um *datum*, geralmente o nível médio do mar, até um ponto ou objeto situado na superfície da Terra. Já a altura ou elevação são referidas a pontos ou objetos que estão situados acima da superfície terrestre.
- **Aluvião** Designação genérica para englobar depósitos detríticos formados pela ação da água em sistema deposicional fluvial ou lacustre, com granulometria variável, cascalho, areia, silte e argila, que refletem as condições hidrodinâmicas reinantes no momento de sua deposição.
- **Amônia** Gás incolor com fórmula NH<sub>3</sub>, odor forte e picante, muito solúvel em água e álcool. A solução de amoníaco, amônia líquida, apresenta algumas semelhanças com a água devido ao fato de ter pontes de hidrogênio.
- **Amostragem** atividade que consiste em retirar, para fins de análise ou medição, uma fração representativa do todo, denominada amostra. O tamanho da amostra é determinado pela estatística, e os resultados de uma análise somente terão valor se aquela porção tomada pra a análise representar, o mais fielmente possível, a composição e as propriedades do todo que ela representa. A amostragem pode ser aleatória - quando é tomada ao acaso - ou contínua - quando é feita sem que haja interrupção.
- **Amostragem de efluentes líquidos** medições realizadas nos efluentes líquidos, normalmente na entrada da estação de tratamento (no efluente bruto) e na saída da estação de tratamento (no efluente tratado), com relação a determinados parâmetros e de acordo com a frequência estabelecida pelo órgão de meio ambiente.
- **Anticlinal** Dobra que mostra fechamento para cima, apresentando as rochas mais antigas em seu núcleo.
- **Aptidão agrícola das terras** Adaptabilidade da terra para um tipo específico de utilização agrícola, pressupondo-se um ou mais distintos níveis de manejo.
- **Aquícludo** Unidade geológica que pode conter água e até mesmo absorve-la lentamente, apresentando contudo uma permeabilidade tão reduzida que não permite que haja um fluxo significativo.
- **Aquífero** Unidade geológica que contém e libera água em quantidades suficientes de modo que pode ser utilizado como fonte de abastecimento.
- **Aquífero confinado** Aquífero situado entre duas camadas impermeáveis, e que apresenta a água contida, sob uma pressão maior do que a atmosférica.
- **Aquífero livre** Aquífero no qual a superfície da água encontra-se submetida a pressão atmosférica.

- **Aquífero semiconfinado** Aquífero que apresenta partes de sua camada sobreposta por outra camada, de permeabilidade muito baixa ou até mesmo impermeável.
- **Aquífugo** Unidade geológica impermeável, sendo que deste modo não absorve e nem transmite água.
- **Aquitardo** Unidade geológica que apresenta baixa permeabilidade, e que portanto retarda mas não impede que receba água de aquíferos adjacentes ou veicule água para aquíferos adjacentes.
- **Ar continental** Massa de ar que esteve presente por diversos dias sobre um continente, e que portanto, apresenta um conteúdo de umidade relativamente baixo.
- **Ar frio** Ar que apresenta uma temperatura interior mais baixa que a temperatura da superfície subjacente ou mais baixa que a temperatura de outro ar.
- **Ar seco** Camada de ar que não contém condensação do vapor d'água visível, ou seja, ar de baixa umidade relativa.
- **Ar úmido** Ar de alta umidade relativa em que há condensação de vapor d'água visível.
- **Areia** Sedimento que se apresenta sem coesão e cujos grãos ou elementos do arcaçouço são constituídos por partículas com granulação compreendida entre 0,062 e 2mm de acordo com a escala de *Wentworth*. Na Pedologia é utilizada a escala internacional de *Atterberg* (1912) modificada, na qual a areia é representada pela granulometria entre 0,05 e 2mm.
- **Arenito** Termo descritivo utilizado para designar um sedimento clástico consolidado, cujos constituintes apresentam um diâmetro médio que corresponde a granulação da areia. Por não apresentar uma conotação mineralógica ou genética, são considerados arenitos todas as rochas sedimentares que apresentam granulação do tamanho areia.
- **Arenoso (Pedologia)** Termo aplicado a algumas classes texturais do solo, que apresentam grande quantidade de areia.
- **Argila** Termo descritivo utilizado para indicar partículas que na escala de *Wentworth* apresentam diâmetro compreendido entre 0,000975 mm e 0,0039 mm.
- **Argila 1:1 (Pedologia)** Argilomineral constituído por folha de silicato tetraédrica e folha de hidróxido octaédrica, empilhadas regularmente na proporção de 1:1. Ver caulinita.
- **Argila 2:1 (Pedologia)** Argilomineral constituído por folha de silicato tetraédrica e folha de hidróxido octaédrica, empilhadas regularmente na proporção 2:1. A camada de octaedros ocupa a posição central encontrando-se ligada aos vértices dos tetraedros adjacentes. Pertencem a essa classe as argilas do grupo das montmorillonita.
- **Argilas** Família de minerais, a maioria constituída de silicatos hidratados de alumínio, finamente cristalinos ou amorfos e que cristalizam no sistema monoclinico. Distinguem-se três grupos: o do caulim (caulinita, nacrita, dickita, anauxita, halloysita e alofana); o da montmorillonita (montmorillonita, beidellita, nontronita e saponita); e o das hidromicas (hidromuscovita).
- **Argiloso (Pedologia)** Solo que contém grande quantidade de argila, ou então que possui propriedades similares às das argilas.

- **Bacia hidrográfica** Região compreendida entre divisores de água, na qual toda a água aí precipitada escoar por um único exutório.
- **Bacia sedimentar** Entidade geológica que se refere ao conjunto de rochas sedimentares que guardam uma relação geométrica e/ou histórica mútua, e cuja superfície atual não necessariamente se comporta como uma bacia de sedimentação.
- **Background** Termo utilizado em geoquímica e geofísica para relacionar um valor, teor ou porcentagem mineral, ou ainda uma propriedade física (radiométrica, magnetométrica etc.) a um padrão regional para efeito de comparação. Os valores podem ser apresentados sob a forma de ppm, ppb, cps etc.
- **Bactérias** Microorganismos unicelulares procariotas, pertencente ao Reino *Monera*, geralmente sem clorofila, e que utiliza alimentos solúveis, normalmente orgânicos, apesar de algumas bactérias serem quimiossintetizantes, e outras fotossintetizantes. Apresentam ampla distribuição na natureza, sendo que algumas bactérias formam esporos resistentes, que podem ficar inativos em condições desfavoráveis do meio ambiente, e serem reativadas com o retorno de condições mais favoráveis.
- **Balço hídrico** Método de quantificação dos fluxos de água no ambiente fundamentado na constatação empírica do funcionamento do ciclo hidrológico. A precipitação atmosférica é a fonte original da água que penetra e escoar sobre a superfície terrestre. Parte dessa água é utilizada pelas plantas, outra infiltra no solo para, em seguida, evaporar-se, ser armazenada pelo sistema do solo (lençol freático) ou ser absorvida pelas plantas. A água que penetra no solo (infiltração) é armazenada em aquíferos subterrâneos ou drenada pelos rios para lagos, mares e oceanos, de onde evapora, reiniciando o ciclo. Sua forma de aplicação mais simples consiste em comparar a quantidade de água recebida pelo ambiente através das chuvas com a quantidade perdida pela evapotranspiração.
- **Biotita** Mineral do grupo das micas (filossilicatos) que cristaliza no sistema monoclinico, classe prismática e fórmula  $K(Mg, Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ . Apresenta-se em cristais tabulares ou prismáticos curtos, com planos basais bem nítidos, sendo que as folhas delgadas mostram cor escura, diferindo da muscovita, que se apresenta quase incolor.
- **Blocos (Pedologia)** Tipo de estrutura do solo em que as três dimensões de unidade estrutural são aproximadamente iguais.
- **Blocos angulares (Pedologia)** Tipo de estrutura em blocos onde as faces são planas e apresentam a maioria dos vértices com ângulos vivos.
- **Blocos subangulares (Pedologia)** Tipo de estrutura em blocos que apresenta mistura de faces arredondadas e planas com muitos vértices arredondados
- **Cabeceira** Porção superior de um curso d'água, próximo a sua nascente.
- **Canal** Curso de água natural ou artificial, claramente diferenciado, que contém água em movimento, de maneira contínua ou periódica, ou então que estabelece uma interconexão entre dois corpos de água.
- **Canga** Concreção ou crosta ferruginosa formada por rocha limonitizada misturada com argila e areia.

- **Cânion** nome de origem espanhola usado para designar vales de paredes abruptas, isto é, vales encaixados. Denominação dada aos vales profundos e encaixados, os quais adquirem características mais típicas quando cortam estruturas sedimentares que pouco se afastam da horizontal. Formam-se uma série de degraus ou patamares ao longo do corredor escavado pela erosão.
- **Capacidade de infiltração** Taxa máxima que um determinado solo, pode absorver de água, por unidade de superfície.
- **Capacidade de uso da terra** Adaptabilidade de um terreno, segundo fins agrícolas diversos, em função de uma susceptibilidade ao depauperamento, principalmente pela erosão acelerada do solo, explorado com cultivos anuais, perenes, pastagem ou reflorestamento.
- **Cerosidade** Películas finas de material inorgânico de natureza diversa, orientadas ou não, constituindo revestimentos ou superfícies brilhantes nas fases de elementos estruturais, poros, ou canais, resultantes de movimentação ou segregação de material coloidal inorgânico (<0,002mm). Quando bem desenvolvidas são facilmente perceptíveis, apresentando aspecto lustroso e brilho graxo, com as superfícies dos revestimentos usualmente livres de grãos desnudos de areia e silte.
- **Ciclone** Sistema de circulação atmosférica fechado, em grande escala, com pressão barométrica baixa e ventos fortes que se deslocam no sentido inverso ao movimento dos ponteiros dos relógios no hemisfério norte, e no sentido destes no hemisfério sul.
- **Classe de solos** Grupo de solos que apresentam uma variação definida em determinadas propriedades e que se distinguem de qualquer outra classe por diferenças nessas propriedades.
- **Classe de aptidão agrícola das terras** Expressão do grau de aptidão das terras para um determinado tipo de utilização com um nível de manejo definido.
- **Clima** Conjunto de estados de tempo meteorológico que caracteriza uma determinada região durante um grande período de tempo, incluindo o comportamento habitual e as flutuações, resultante das complexas relações entre a atmosfera, geosfera, hidrosfera, criosfera e biosfera.
- **Colina** Elevação do terreno que apresenta encostas suaves, com declividade menor do que 15% e altitude inferior a 100m.
- **Colúvio** Detritos rochosos, angulosos e sem classificação, produzidos pelo intemperismo e deslocados encosta abaixo pela ação da gravidade.
- **Coliformes fecais** Atualmente chamado de coliformes termotolerantes, são bactérias que estão presentes em grandes quantidades no intestino dos animais de sangue quente. Os coliformes fecais (termotolerantes) podem contaminar a água através das fezes de animais. Os coliformes fecais chegam até a água por meio de despejo do esgoto que não foi adequadamente tratado.
- **Concreção (Geologia)** Agregado presente em sedimentos, diferindo da natureza destes, e formado de matéria inorgânica com formas diversas (nodular, discoidal, rizóide, cilíndrica etc), distinguindo-se dos seixos por não ser transportado.
- **Conglomerado** Sedimento constituído predominantemente por fragmentos arredondados correspondentes a seixos, com matriz arenosa e/ou argilosa e um cimento de natureza química variável. Pode ser oligomítico ou petromítico.

- **Coordenadas geográficas** Termo amplo utilizado geralmente para indicar tanto as coordenadas geodésicas quanto as coordenadas astronômicas.
- **Crista (Geomorfologia)** Forma de relevo residual alongada, isolada, com vertentes que apresentam declividades fortes e equivalentes, e que se interceptam formando uma linha contínua.
- **Decibel (dB):** unidade de intensidade física relativa do som.
- **Decibelímetro:** aparelho utilizado para medir o nível de som.
- **Dendrito** estrutura formada pela precipitação de óxidos de ferro ou de manganês, sobre as paredes de diáclases ou camadas, com aspectos que lembram fósseis.
- **Dendrítica** ramificações da hidrografia à semelhança de galhos de árvores, muito comum nos terrenos de rochas cristalinas - como os granitos ou em regiões sedimentares - argilas.
- **Diamictito** *Ver* paraconglomerado.
- **Drenagem** Feição linear negativa, produzida por água superficial de escorrência, e que modela a topografia de uma região.
- **Efluente** Qualquer tipo de água ou líquido, que flui de um sistema de coleta, ou de transporte, como tubulações, canais, reservatórios, e elevatórias, ou de um sistema de tratamento ou disposição final, com estações de tratamento e corpos de água receptores.
- **Eluvião** Material detrítico resultante da desintegração da rocha matriz, e que permanece *in situ*. Pode o material ser deslocado ou mesmo arrastado por águas encosta abaixo, por uma certa distância, porém não pode ser transportado por uma corrente.
- **Erosão de ravinamento** *Ver* erosão em sulcos.
- **Erosão em sulcos** Tipo de erosão que ocorre nas linha de maior concentração das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões no terreno, as quais com a evolução do processo podem se transformar em voçorocas . Erosão de ravinamento.
- **Erosão laminar** Tipo de erosão que promove uma remoção mais ou menos uniforme do solo de uma região, sem que ocorra o aparecimento de sulcos na superfície.
- **Estação climatológica** Estação controlada por observador em tempo parcial, efetuando apenas uma ou duas observações instrumentais diárias da temperatura, umidade, precipitação e vento. *Ver também* estação meteorológica.
- **Estalactite** Feição originada a partir do teto de uma caverna, com as mais diferentes formas, como resultado da precipitação de bicarbonato de cálcio dissolvido na água. Quando se desenvolve à partir do piso da caverna, devido à queda de gotas de água é denominada estalagmite.
- **Falha** Fratura ou cisalhamento presentes em blocos de rochas que sofreram deslocamentos um em relação ao outro, ao longo de planos.

- **Geologia** Ciência que estuda o globo terrestre desde o momento em que as rochas se formaram até o presente. Divide-se em Geologia Geral e Geologia Histórica, sendo que a primeira dedica-se ao estudo da composição, da estrutura e dos fenômenos genéticos formadores da crosta terrestre, bem como do conjunto geral de fenômenos que atuam não apenas na superfície, mas também no interior do planeta. A Geologia Histórica por sua vez estuda e procura datar cronologicamente a evolução geral, as modificações estruturais, geográficas e biológicas ocorridas ao longo da história da Terra. Do ponto de vista prático a geologia está voltada tanto a indicar os locais favoráveis a encerrarem depósitos minerais úteis ao homem, como também do ponto de vista social, a fornecer informações que permitam prevenir catástrofes, sejam aquelas inerentes às causas naturais, sejam aquelas atribuídas à ação do homem sobre o meio ambiente. É também empregada direta ou indiretamente nas obras de engenharia, na construção de túneis, barragens, estabilização de encostas etc.
- **Geomorfologia** Ciência que estuda o relevo da superfície terrestre, sua classificação, descrição, natureza, origem e evolução, incluindo a análise dos processos formadores da paisagem. Pode ainda ser inserido o estudo das feições submarinas.
- **Hematita** Mineral que cristaliza no sistema hexagonal-R, classe escalenoédrica hexagonal, composição  $Fe_2O_3$ , podendo conter titânio, com cor variando de castanho- avermelhado a preto, e tornando-se fortemente magnética quando aquecida na chama redutora. É caracterizada principalmente pelo seu traço vermelho. Principal mineral de ferro.
- **Hidrogeologia** Ciência que trata da ocorrência, distribuição e do movimento das águas subterrâneas, levando em consideração sua propriedades físicas e químicas, suas interações com os meios físicos e biológico e suas reações à ação do homem.
- **Impacto ambiental** Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. Resolução CONAMA nº 306, de 5 de julho de 2002.
- **Jusante** Direção que acompanha o mesmo sentido de uma corrente.
- **La niña** Fenômeno oposto ao *el niño*, ou seja, um fenômeno que ocorre nas águas do pacífico equatorial e altera as condições climáticas de algumas regiões do mundo. Se caracteriza pelo resfriamento anômalo da superfície do mar na região equatorial do centro e leste do pacífico. A pressão na região tende a aumentar e uma das conseqüências é a ocorrência de ventos alísios mais intensos. Tem duração de aproximadamente de 12 a 18 meses.
- **Limnologia** Ciência voltada ao estudo das condições físicas, químicas, biológicas e meteorológicas dos corpos de água doce, principalmente os lagos e lagoas.
- **Linha de pedras** Concentração de seixos que normalmente marcam a base das coberturas das superfícies pediplanadas, e que evidenciam a alta energia dos processos erosivos associados ao desenvolvimento de tais superfícies.

- **Meandro** Curva por vezes bastante apertada, produzida pela oscilação de um lado para o outro, de uma corrente de água, normalmente em decorrência de um aumento na velocidade de fluxo ou da sua capacidade de carga de sedimento. A corrente provoca erosão na margem côncava e deposição na margem convexa.
- **Mina** Jazida mineral em lavra, ainda que suspensa.
- **Nível de pressão sonora equivalente (LAeq), em decibéis ponderados em “A” [db(A)]**: Nível obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora (com a ponderação A) referente a todo o intervalo de medição (Para aplicação da Norma NBR 10.151/2000).
- **Nível de ruído ambiente (Lra)**: nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”, no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão (para aplicação da Norma NBR 10.151/2000).
- **Nível de som ou acústico db(A)**: intensidade do som medida na curva de ponderação A, estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.
- **Nível equivalente (LEQ)**: o nível médio de energia do ruído que se encontra integrado aos níveis individuais de energia, ao longo de determinado período de tempo, e dividido pelo período, medido em db(A).
- **Paraconglomerado** Conglomerado com arcabouço muito fechado, com excesso de matriz sobre megaclastos, sendo, na realidade, lamitos com seixos e calhaus dispersos. Em muitos casos os seixos formam apenas 10% da rocha.
- **Pedologia** Ciência que trata da origem, morfologia, distribuição, mapeamento e classificação dos solos.
- **Perfil do solo** Seção vertical do solo através de todos os horizontes pedogeneticamente inter-relacionados e também as camadas mais profundas, ou mesmo próximas à superfície, que tenham sido pouco influenciadas pelos processos pedogenéticos.
- **pH** Parâmetro químico que indica a concentração de íons de hidrogênio em uma solução aquosa; variando de 0 a 14, sendo 7 o neutro. Valores abaixo de 7, indicam uma solução ácida (corrosiva) e acima, básica (incrustante).
- **Planalto** Termo geral utilizado para designar regiões da superfície terrestre de relevo suave, porém de altitude relativamente mais elevada, podendo ou não ser contornada por relevos mais rebaixados, apresentando contudo sempre em um dos lados, um desnível altimétrico abrupto.
- **Planície** Termo genérico referente a qualquer área plana ou suavemente ondulada de dimensões variadas que ocorre mais frequentemente em áreas de baixa altitude, e onde são predominantes os processos de deposição e acumulação de sedimentos.
- **Planície aluvial** Porção do vale do rio que é coberta pela água durante os períodos de inundação, correspondendo, em verdade, ao chamado leito maior. O mesmo é coberto por sedimentos aluviais, os quais no decorrer do tempo geológico dão lugar aos terraços.
- **Planície de inundação** Área aluvial, relativamente plana, adjacente ao canal e sujeita a inundações periódicas.
- **Poço tubular** Poço perfurado por máquina, com diâmetro médio de cerca de 6 polegadas, podendo contudo dependendo da situação variar entre duas e doze polegadas.



- **Poluição sonora:** qualquer alteração das propriedades físicas do meio ambiente provocada por sons e ruídos com frequência, intensidade e duração que causem sensação sonora indesejável, de incômodo, aborrecimento e irritação, com afetação, direta ou indiretamente, à saúde, ao sossego e ao bem-estar da coletividade.
- **Precipitação** Termo utilizado para indicar qualquer deposição em forma líquida ou sólida, derivada da atmosfera.
- **Quartzo** Mineral do grupo da sílica, com composição SiO<sub>2</sub>, que se apresenta sob as formas de baixa e alta temperaturas, quartzo alfa e quartzo beta, o primeiro cristalizando no sistema hexagonal-R e o segundo no sistema hexagonal, classe trapezoédrica. Os cristais terminados usualmente por uma combinação de romboedros positivo e negativo, são desenvolvidos de uma maneira tão igual que dão a impressão de uma bipirâmide hexagonal. Pode apresentar uma ampla gama de cores, devido a impurezas, além de possuir acentuadas propriedades piezelétricas e pirlétricas, e uma dureza 7 na escala de *Mohr*.
- **Quaternário** Na escala de tempo geológico, o Quaternário é o período da era Cenozoica do éon Fanerozoico que congregava as épocas Pleistocena e Holocena
- **Ravina** Sulco produzido na superfície da terra, em que o agente responsável pela erosão é a água da chuva.
- **Rebaixamento (Hidrogeologia)** Distância vertical entre o nível estático e o nível dinâmico, em um dado instante do bombeamento.
- **Recarga** Quantidade de água recebida por um aquífero durante um ano, na sua área de afloramento, diretamente a partir da precipitação pluviométrica, ou a partir da rede hidrográfica. Realimentação.
- **Recursos hídricos** Quantidade das águas superficiais e/ou subterrâneas, presentes em uma região ou bacia, disponíveis para qualquer tipo de uso.
- **Recursos naturais** Denominação aplicada a todas as matérias - primas, tanto aquelas renováveis como as não renováveis, obtidas diretamente da natureza, e aproveitáveis pelo homem.
- **Rede hidrológica** Conjunto de estações hidrológicas e de postos de observação situados em uma determinada área, que pode ser a bacia de um rio ou uma região administrativa, instalados de modo a permitir o estudo do regime hidrológico.
- **Resíduo** material remanescente de algum processo e que pode ter valor intrínseco, podendo ser passível de uso para o próprio gerador ou não, com ou sem tratamento
- **Rifte continental** Vale tectônico limitado por falhas, que varia de 30km a 75km em largura e com poucas dezenas até milhares de quilômetros em comprimento. Mostra uma fina crosta, com cerca de 20km-30km de espessura, sendo tal afinamento devido a abertura do rifte, permitindo com isso o aparecimento, por vezes, de crosta oceânica em sua porção central.
- **Rio intermitente** Curso d'água que circula em certas épocas do ano, sendo alimentado por água de nascentes, por águas superficiais ou até mesmo pela fusão da neve. Comum em regiões semi - áridas.
- **Rio perene** Rio cujo escoamento não é interrompido, nem no espaço e nem no tempo. Rio com água permanente.

- **Rocha** Agregado natural de substância minerais, resultantes de um processo geológico determinado e que constitui parte essencial da litosfera.
- **Rocha ígnea** Rocha formada pelo resfriamento e solidificação do magma. Dependendo da profundidade de formação é denominada de plutônica, hipabissal ou efusiva (vulcânica).
- **Rocha plutônica** Rocha formada em profundidade, mostrando uma granulação, em sua maioria, de média a grossa.
- **Rocha sedimentar** Rocha formada por partículas minerais transportadas e depositadas pela água, vento ou gelo, que resultaram da precipitação química ou foram formadas pela ação biogênica, como nas acumulações orgânicas. É fundamentalmente constituída por três componentes que podem aparecer misturados em todas as proporções: os terrígenos, os aloquímicos e os ortoquímicos.
- **Rocha vulcânica** Rocha formada na superfície ou muito próxima a ela e apresentando uma granulação muito fina ou até mesmo vítrea.
- **Ruído:** qualquer som que cause ou tenda a causar perturbações ao sossego público ou produzir efeitos psicológicos e ou fisiológicos negativos em seres humanos e animais.
- **Ruído ambiente ou de *Background*:** é o nível de pressão sonora equivalente, em dB(A), no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado por fonte sonora interferente.
- **Ruído com caráter impulsivo:** aquele que contém impulsos, que são picos de energia acústica com duração menor do que 1 s e que se repetem a intervalos maiores do que 1s (por exemplo, martelagens, bate-estacas, tiros e explosões). Para aplicação da Norma NBR 10.151/2000.
- **Ruído com componentes tonais:** aquele que contém tons puros, como o som de apitos ou zumbidos (Para aplicação da Norma NBR 10.151/2000).
- **Ruído contínuo:** aquele com flutuação de nível de pressão acústica tão pequena que podem ser desprezadas dentro do período de observação.
- **Ruído de fundo:** todo e qualquer som que seja emitido durante o período de medições, que não se apresente como objeto destas.
- **Ruído impulsivo:** É todo ruído que contém impulsos, que são picos de energia acústica, com duração menor de um segundo e que se repete em intervalos maiores que este período de tempo.
- **Ruído intermitente:** aquele cujo nível de pressão acústica cai abruptamente ao nível do ambiente várias vezes durante o período de observação, desde que o tempo em que o nível se mantenha constante difira daquele do ambiente, seja de ordem de grandeza de um segundo ou mais.
- **Seção geológica** Representação, por projeção, de uma seqüência de unidades de rochas que ocorre em determinada região. Perfil geológico.
- **Seixo** Partícula de sedimento clástico não consolidado, com diâmetro variando na escala de *Wentworth* entre 2 mm e 64mm.
- **Sinclinal** Dobra que se fecha para baixo, mostrando as rochas mais novas em seu núcleo.

- **Sismo** termo utilizado em Geofísica para designar um movimento súbito ou tremor de terra, o mesmo que terremoto.
- **Sólidos suspensos** Sólidos que ficam retidos em um filtro que possui a capacidade de reter sólidos com diâmetro maior ou igual a 1 micron.
- **Solo** Parcela dinâmica e tridimensional da superfície terrestre, que suporta e mantém as plantas. Seu limite superior é a superfície terrestre, e o inferior é definido pelos limites da ação dos agentes biológicos e climáticos, enquanto seus extremos laterais limitam-se com outros solos, onde se verifica a mudança de uma ou mais das características diferenciais.
- **Solo residual** Solo formado *in situ* pela desintegração e decomposição de rochas e a consequente intemperização dos minerais. Presume-se que este solo proceda da mesma rocha sobre a qual está assente.
- **Som**: toda e qualquer vibração acústica que é capaz de provocar, nas pessoas, sensações auditivas.
- **Supergrupo** Unidade litoestratigráfica formal, constituída pela associação de vários grupos ou de grupos e formações que possuam características litoestratigráficas significativas que os inter-relacionam.
- **Talude** Superfície inclinada do terreno na base de um morro ou de uma encosta de vale onde se encontra um depósito de detritos. O termo é topográfico e utilizado muitas vezes em geomorfologia. Quando seguido de um qualitativo, adquire uma conotação genética, tal como talude estrutural, talude de erosão, talude de acumulação etc.
- **Talvegue** Linha que passa pelos pontos mais profundos de um vale.
- **Tectônica** Ramo da Geotectônica voltada a investigar a morfologia e a associação espacial das estruturas.
- **Terciário** Denominação atualmente em desuso, e anteriormente utilizada para indicar o período mais antigo da Era Cenozóica, a qual se estende desde 65 milhões de anos até os nossos dias. Modernamente foi substituído pelos períodos Paleogeno, incluindo as épocas referidas como *Paleoceno*, *Eoceno* e *Oligoceno*, e Neogeno, que se encerrou há aproximadamente 1,75 milhões de anos, e constituído pelas épocas denominadas de *Mioceno* e *Plioceno*.
- **Terraço** Superfície horizontal ou levemente inclinada, constituída por depósito sedimentar, ou superfície topográfica modelada pela erosão fluvial, marinha ou lacustre, e limitada por dois declives no mesmo sentido. Pode ser classificado como marinho, lacustre, fluvial etc.
- **Textura do solo** Proporção relativa das frações granulométricas (areia, silte e argila) que compõem a massa do solo.
- **Tratamento de água** Conjunto de ações destinado a alterar as características físicas e/ou químicas e/ou biológicas da água, de modo a satisfazer o padrão de potabilidade adotado pela autoridade competente.
- **Unidade geomorfológica** Associação de formas de relevo recorrentes, originadas de uma evolução comum.
- **Vale** Depressão topográfica alongada, aberta, inclinada em uma determinada direção em toda a sua extensão. Pode ser ou não ocupada por água. Os vales podem ser dos tipos: fluvial, glacial, suspenso e de falha.

- **Vale encaixado** Vale cujo aprofundamento do talvegue foi muito grande, propiciando a existência de margens estreitas e vertentes com fortes declives.
- **Vazão (Hidrogeologia)** Volume de água, medido em litros por segundo ou metros cúbicos por hora, que é retirado de um poço, por meio de uma bomba ou compressor. A vazão pode ser natural, como no caso de uma fonte ou nascente, ou em poços tubulares com condições de artesianismo.
- **Voçoroca** Escavação mais ou menos profunda, que ocorre geralmente em terreno arenoso, originada pela erosão. É formada devido a ação da erosão superficial ou mais frequentemente, pela ação combinada da erosão superficial e da erosão subterrânea. A erosão superficial tem como ponto de partida estradas antigas, valetas, ou também pontos topográficos favoráveis. Pode alcançar profundidades de várias dezenas de metros e extensão de centenas de metros. Boçoroca.
- **Zoneamento ambiental** Integração sistemática e interdisciplinar da análise ambiental ao planejamento dos usos do solo, com o objetivo de definir a melhor gestão dos recursos ambientais identificados.