

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA
ITAFÓS MINERAÇÃO LTDA.
ARRAIAS - TO
VOLUME II - TEXTO DO EIA (2/4)
DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO

Elaborado para:
ITAFÓS MINERAÇÃO LTDA.
Rodovia GO-110, km 5,5
Arraias - TO

Elaborado por:
Prominer Projetos Ltda.
Rua França Pinto, 1233 - Vila Mariana
CEP: 04016-035 - São Paulo - SP
Fone: (11) 5571-6525
e-mail: prominer@prominer.com.br

Elaborado por:
Ambienger Engenharia Ambiental Ltda.
103 Norte, Av. LO-02, 56, Sala 20, Ed. Olympia
CEP: 77001-022 - Palmas - TO
Fone: (63) 3215-1825
e-mail: ambienger@ambienger.com.br

Distribuição:

04 Cópias - Instituto Natureza de Tocantins - NATURATINS
01 Cópia - Itafós Mineração Ltda.
01 Cópia - Prominer Projetos Ltda.
01 Cópia - Ambienger Engenharia Ambiental Ltda.

Palmas, 30 de julho de 2010.

Ciro Terêncio Russomano Ricciardi
Eng^o de minas - CREA 0600871181

Geraldo Moura de Oliveira Júnior
Eng^o ambiental - CREA 142131/D-TO

VOLUME II – TEXTO DO EIA (2/4)**DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO****ÍNDICE**

CAPÍTULO 4	165
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	165
4.1. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	166
4.2. MEIO FÍSICO	168
4.2.1. Geologia	168
4.2.2. Hidrogeologia	198
4.2.3. Hidrologia e qualidade das águas superficiais e subterrâneas	206
4.2.4. Geomorfologia	264
4.2.5. Pedologia	318
4.2.6. Climatologia e condições meteorológicas	336
4.2.7. Qualidade do ar	352
4.2.8. Níveis de ruído	361

VOLUME III – TEXTO DO EIA (3/4)**DIAGNÓSTICO MEIO BIÓTICO E ANTRÓPICO****VOLUME IV – TEXTO DO EIA (4/4)****ANÁLISES DOS IMPACTOS**

VOLUMES V E VI

ANEXOS DO EIA

- ANEXO 01** – DOCUMENTOS DO EMPREENDIMENTO
- ANEXO 02** – DOCUMENTAÇÃO DOS SÓCIOS
- ANEXO 03** – REPRESENTANTE LEGAL
- ANEXO 04** – TERMO DE REFERÊNCIA
- ANEXO 05** – ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADES TÉCNICAS - ART's
- ANEXO 06** – CERTIDÕES DOS IMÓVEIS
- ANEXO 07** – DOCUMENTOS DNPM
- ANEXO 08** – PUBLICAÇÕES DO REQUERIMENTO DA LP
- ANEXO 09** – RELATÓRIO DE ESPELEOLOGIA
- ANEXO 10** – RELATÓRIO DE ARQUEOLOGIA E IPHAN
- ANEXO 11** – CERTIDÃO DE USO DO SOLO
- ANEXO 12** – QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO
- ANEXO 13** – LAUDOS DE ÁGUA
- ANEXO 14** – AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL – NATURATINS
- ANEXO 15** – PROTOCOLO ANA
- ANEXO 16** – ANÁLISE DO REJEITO

VOLUME VII

DESENHOS

- ✓ *DESENHO 988.0.2.1 – EIA – 01 – IMAGEM DE SATÉLITE ORTORRETIFICADA*
- ✓ *DESENHO 988.0.2.1 – EIA – 02 – PLANTA PLANIALTIMÉTRICA*
- ✓ *DESENHO 988.0.2.1 – EIA – 03 – PLANTA DE DETALHE DAS ÁREAS DE LAVRA (A)*
- ✓ *DESENHO 988.0.2.1 – EIA – 04 – PLANTA DE DETALHE DAS ÁREAS DE LAVRA (B)*
- ✓ *DESENHO 988.0.2.1 – EIA – 05 – PLANTA DE DETALHE DAS ÁREAS DE LAVRA (C)*
- ✓ *DESENHO 988.0.2.1 – EIA – 06 – MAPA GEOMORFOLÓGICO*
- ✓ *DESENHO 988.0.2.1 – EIA – 07 – MAPA PEDOLÓGICO*
- ✓ *DESENHO 988.0.2.1 – EIA – 08 – MAPA DE FRAGILIDADE*

VOLUME VII

RIMA

GLOSSÁRIO

Abiótico: É o componente não vivo do meio ambiente. Inclui as condições físicas e químicas do meio.

Aeróbio: Ser ou organismo que vive, cresce ou metaboliza apenas em presença do oxigênio.

Acidez: Presença de ácido, quer dizer, de um composto hidrogenado que, em estado líquido ou dissolvido, se comporta como um eletrólito. A concentração de íons H⁺ é expressa pelo valor do pH.

Altitude: Distância vertical de um ponto da superfície da Terra, em relação ao nível zero ou nível dos oceanos.

Aluvião: Sedimentos, geralmente de materiais finos, depositados no solo por correnteza.

Aquífero (reservatório de água subterrânea): Estrato subterrâneo de terra, cascalho ou rocha porosa que contém água.

Assoreamento: Diz-se dos processos geomorfológicos de deposição de sedimentos, ex.: fluvial, eólico, marinho.

Análise de custo-benefício: Técnica que tenta destacar e avaliar os custos sociais e os benefícios sociais de projetos de investimento, para auxiliar a decidir se os projetos devem ou não ser realizados.

Antrópico: Relativo à humanidade, à sociedade humana, a ação do homem. Termo de criação recente, empregado por alguns autores para qualificar: um dos setores do meio ambiente, o meio antrópico, compreendendo os fatores sociais, econômicos e culturais; um dos subsistemas do *sistema ambiental*, o meio antrópico.

Antropogênico: Em sentido restrito, diz-se dos impactos no meio ambiente gerados por ações do homem.

Atividade poluidora: Qualquer atividade utilizadora de recursos ambientais ou, atual ou potencialmente, capaz de causar *poluição* ou *degradação ambiental*.

Ato Administrativo: É a manifestação unilateral de vontade da Administração Pública, que tem por objetivo construir, declarar, confirmar, alterar ou desconstituir uma relação jurídica entre ela e seus administrados ou dentro de si próprio.

Avaliação de Impacto Ambiental: Instrumento de política ambiental, formado por um conjunto de procedimento capaz de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas, e que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, e por aqueles considerados.

Água potável: É aquela cuja qualidade a torna adequada ao consumo humano (Portaria nº 56/Bsb, de 14.03.77).

Água subterrânea: Suprimento de água doce sob a superfície da terra, em um aquífero ou solo, que forma um reservatório natural para o uso do homem. Água do subsolo, ocupando a zona saturada.

Abundância: Número de indivíduos arbóreos que ocorrem em determinada área.

Aspecto fisionômico: Caracteriza a vegetação de um local ao nível de uma flora.

Aspecto florístico: Demonstra a situação das espécies de uma flora.

Avifauna: Fauna de aves.

Bacia hidrográfica: Conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. A noção de bacias hidrográfica inclui naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, etc. Em todas as bacias hidrográficas deve existir uma hierarquização na rede hídrica e a água se escoia normalmente dos pontos mais altos para os mais baixos. O conceito de bacia hidrográfica deve incluir também noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisórias de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia.

Bactérias: Organismos vegetais microscópicos, geralmente sem clorofila, essencialmente unicelulares e universalmente distribuídos.

Balanço Hídrico: Balanço das entradas e saídas de água no interior de uma região hidrológica bem definida (uma bacia hidrográfica, um lago), levando em conta as variações efetivas de acumulação.

Bentos: Conjunto de seres vivos que vivem restritos ao fundo de rios, lagos, lagos ou oceanos.

Bioma: Unidade biótica de maior extensão geográfica, compreendendo várias comunidades em diferentes estágios de evolução, porém denominada de acordo com o tipo de vegetação dominante: mata tropical, campo, etc.

Bem Estar Social: É o bem comum, o bem da maioria, expresso sobre todas as formas de satisfação das necessidades coletivas.

Biodiversidade: Representa o conjunto de espécies animais e vegetais viventes.

Biótico: É o componente vivo do meio ambiente. Inclui a fauna, flora, vírus, bactérias, etc.

Barragem: Obra de terra para conter as águas de um rio em determinado trecho ou para evitar as inundações decorrentes de ondas de cheia ou de marés.

Cadeia alimentar: É a transferência da energia alimentar que existe no ambiente natural, numa seqüência na qual alguns organismos consomem e outros são consumidores. Essas cadeias são responsáveis pelo equilíbrio natural das comunidades e o seu rompimento pode trazer conseqüências drásticas, como é o caso quando da eliminação de predadores de insetos. Estes podem proliferar rapidamente e transformar-se em pragas nocivas à economia humana. A cadeia alimentar é formada por diferentes níveis tróficos (trophe = nutrição). A energia necessária ao funcionamento dos ecossistemas é proveniente do sol e é captada pelos organismos clorofilados (autótrofos), que por produzirem alimento são chamados produtores (1º nível trófico). Estes servem de alimento aos consumidores primários (2º nível trófico ou herbívoros), que servem de alimento aos consumidores secundários (3º nível trófico) que servem de alimento aos consumidores terciários (4º nível trófico) e assim sucessivamente. Todos os organismos ao morrerem, sofrem a ação dos saprófagos (sapro = morto, em decomposição; phagos = devorador), que constituem o nível trófico dos decompositores.

Cenário: Previsão que se obtém a partir de pressupostos formulados com finalidade de fazer comparações entre diversas situações, mais do que prever eventos ou condições reais.

Conservacionismo: É a luta pela conservação do ambiente natural, ou de partes e aspectos dele, contra as pressões destrutivas das sociedades humanas.

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.

Cabeceira: Local onde nascem os cursos d'água. Lugar mais a montante da foz de um rio ou igarapé.

Caracterização Ecológica: Descrição qualitativa e quantitativa dos componentes, dos processos e dos mecanismos mais importantes que regem o funcionamento de um ecossistema.

Carga Poluidora: Quantidade de material carregado em um corpo d'água, que exerce efeito danoso em determinados usos da água.

Clímax: Complexo de formações vegetais mais ou menos estáveis durante longo tempo, em condições de evolução natural. Diz-se que está em equilíbrio quando as alterações que apresenta não implicam em rupturas importantes no esquema de distribuição de energia e materiais entre seus componentes vivos. Pode ser também a última comunidade biológica em que termina a sucessão ecológica, isto é, a comunidade estável, que não sofre mais mudanças direcionais.

Confluência: Local onde dois corpos de água (rios, igarapés) se juntam formando um curso de água mais volumoso.

Conservação: Utilização racional de qualquer recurso natural de modo a se obter um rendimento máximo com um mínimo de desperdício, garantindo em alguns casos, sua renovação ou auto-sustentação.

Contaminação: Introdução, no ambiente e substâncias (sólidas, líquidas ou gasosas) em concentrações que possam por em perigo a vida de animais e plantas, inclusive do próprio homem.

Ciclo Hidrológico: Fases sucessivas dos diferentes processos percorridos pela água ao passar da atmosfera para a terra e retorna à atmosfera.

Clima: Conjunto de fatores físicos (temperatura, pressão, insolação, nebulosidade, radiação solar, umidade, etc.) que caracterizam o estado global da atmosfera.

Coliforme Fecal: Bactéria encontrada no trato intestinal do homem e utiliza como indicadora da qualidade sanitária de um corpo de água ou de poluição por bactéria orgânica de origem animal.

Corpo (de água) receptor: curso d'águas naturais, lagos, reservatórios ou oceano no qual a água residuária, tratada ou não, é lançada.

Cobertura vegetal: Compreende todas as espécies, sem distinção de tamanho, que ocupam determinada área.

Composição florística: Estudo que relata a quantidade de famílias, gêneros e espécies de uma determinada flora.

Comunidade: Conjunto de populações que vivem em determinada área ou localidade.

Camadas do solo: É uma seção de constituição mineral ou orgânica, à superfície do terreno ou aproximadamente paralela a esta, possuindo conjunto de propriedades não resultantes ou pouco influenciadas pela atuação dos processos pedogenéticos.

Cambissolos: solos constituídos por material mineral, com argila de atividade baixa e horizonte B incipiente ou câmbico (Bi), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico.

Capacidade de troca de cátions (CTC ou Valor T): É a soma do valor S com os teores de hidrogênio e alumínio trocáveis em cmolc/kg de solo.

Caráter salino: Refere-se à presença de sais solúveis em água fria que o sulfato de cálcio (gesso), em quantidades que interferem com a maioria das culturas, expresso por condutividade elétrica do extrato de saturação (a 25°C) igual ou maior que 4mS/cm.

Caráter solódico: Refere-se a valores de saturação por sódio entre 6 e 15%, encontrados em algum horizonte nos primeiros 150cm do solo.

Consistência do solo: Trata-se de uma avaliação a campo das forças de coesão e adesão que atuam no solo, em vários teores de umidade, seco, úmido e molhado.

Contato lítico: Limite entre o solo e o material subjacente constituído pelo material coeso subjacente.

Diagnóstico Ambiental: Conhecimento de todos os componentes ambientais de uma determinada área para caracterização de sua qualidade ambiental.

Direito Ambiental: Conjunto de técnicas, regras e instrumentos jurídicos sistematizados e informados por princípios apropriados, que tenham por fim a disciplina do comportamento relacionado ao meio ambiente.

Densidade de População: É um índice que mede o volume da população em relação a um território.

Desenvolvimento sustentado: Modelo de desenvolvimento que leva em consideração, além dos fatores econômicos, aqueles de caráter social e ecológico, assim como as disponibilidades dos recursos vivos e inanimados, as vantagens e os inconvenientes, a curto, médio e longo prazos, de outros tipos de ação. Tese defendida a partir do teórico indiano Anil Agarwal, pela qual não pode haver desenvolvimento que não seja harmônico com o meio ambiente. Assim, o desenvolvimento sustentado que no Brasil tem sido defendido mais intensamente, é um tipo de desenvolvimento que satisfaz as necessidades econômicas do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras.

Desenvolvimento Urbano – O processo natural ou planejado de crescimento e diferenciação de funções de um centro urbano.

Degradação do solo: Compreende os processos de salinização, alcalinização e acidificação que produzem estados de desequilíbrio físico-químico no solo, tornando-o inapto para o cultivo.

Desvio: Mudança na direção de um curso d'água.

Divisor de Águas: Linha separadora das águas pluviais.

Diversidade: Número de espécies em uma determinada região.

Desmatamento: Destruição, corte e abate indiscriminado de matas e florestas para comercialização de madeira, utilização dos terrenos para agricultura, pecuária, urbanização, qualquer outra atividade econômica ou obra de engenharia.

Detrito: Material incoerente originário de desgaste de rocha.

Distribuição geográfica: Área geográfica de ocorrência de uma espécie.

Diversidade: Multiplicidade de formas dos organismos.

Distrófico: Especifica distinção de solos com saturação por bases (valor V) inferior a 50%. Para esta distinção é considerada a saturação por bases no horizonte B, ou no C quando não existe B.

Encosta: Declive nos flancos de um morro, de uma colina ou uma serra.

Erodível: Diz respeito à susceptibilidade de um solo à erosão.

Erosão: Desgaste e/ou arrastamento da superfície da terra pela água corrente, vento, gelo ou outros agentes geológicos.

Efluente: Derivação de uma corrente principal. Águas servidas que escoam dos sistemas de drenagem doméstica e industrial.

Escoamento Natural: Escoamento de um curso de água sob condições naturais. Parte da chuva que escorre sobre a superfície do solo.

Esgotos: Refugo líquido que deve ser conduzido a um destino final.

Eutrofização: Processo pelo qual a água de um rio, lago, igarapé ou reservatório se tornam mais ricas em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, por efeito natural ou através da poluição.

Fonte: Ponto do solo ou de uma rocha onde a água flui naturalmente para a superfície do terreno.

Ecótono: Região de transição entre dois ecossistemas diferentes ou entre duas comunidades.

Ecoturismo: Também conhecido como turismo ecológico é a atividade de lazer em que o homem busca, por necessidade e por direito, a revitalização da capacidade interativa e do prazer lúdico nas relações com a natureza. É o segmento da atividade turística que desenvolve o turismo de lazer, esportivo e educacional em áreas naturais utilizando, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentivando sua conservação, promovendo a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do ambiente e garantindo o bem-estar das populações envolvidas.

Ecossistema: Comunidade total de organismo, junto com o meio físico e químico no qual vivem; é a unidade funcional de ecologia.

Epífita: Planta que cresce sobre outra planta, mas que não tira alimento do tecido vivo do hospedeiro (grego: epi = sobre; phyton = vegetal).

Endêmico: Organismos cuja área de distribuição é menor do que a região onde ocorre.

Espécie: Populações de organismos capazes de se inter cruzar com prole fértil. Mesmo reprodutivamente isolada, partilham o mesmo patrimônio gênico. Taxonomicamente é a unidade da classificação biológica.

Estrutura do solo: agregação de partículas primárias do solo em unidades compostas ou agrupamento de partículas primárias, que são separadas de agregados adjacentes por superfície de fraca resistência. São classificados quanto a forma, tamanho e grau de distinção.

Educação Ambiental: Processo de aprendizagem e comunicação de problemas relacionados à interação dos homens com seu ambiente natural.

Estudo de Impacto Ambiental: Um dos processos de avaliação de impacto ambiental.

Extrativismo: Ato de extrair madeira ou outros produtos das florestas ou minerais.

Fragilidade Ambiental: Diz respeito à susceptibilidade do meio ambiente a qualquer tipo de dano, inclusive à poluição.

Fertilidade do solo: Camada orgânica ou mineral superficial ou subsuperficial aproximadamente paralela à superfície do solo.

Fácies: Conjunto de caracteres de ordem litológica e paleontológica que permite conhecer as condições em que se realizam os depósitos.

Frequência: Expressa a distribuição das espécies na área estudada.

Família: Categoria taxonômica em que se reúnem gêneros evolutivamente mais próximos.

Fauna: Animais que ocorrem em certa área ou região.

Fitoplâncton: Conjunto de plantas flutuantes, como algas, de um ecossistema aquático.

Fotossíntese: Processo bioquímico que permite aos vegetais sintetizar substâncias orgânicas complexas e de alto conteúdo energético, a partir de substâncias minerais simples e de baixo conteúdo energético. Para isso, se utilizam de energia solar que captam nas moléculas de clorofila. Neste processo, a planta consome gás carbônico (CO₂) e água, liberando oxigênio (O₂) para a atmosfera. É o processo pelo qual as plantas utilizam a luz solar como fonte de energia para formar substâncias nutritivas.

Gestão Ambiental: Controle apropriado do meio ambiente físico, para propiciar o seu uso com mínimo abuso, de modo a manter as comunidades biológicas, para o benefício continuado do homem.

Gradiente: Inclinação ou razão de ascensão ou descida de uma encosta, rodovia, tubulação, etc.

Gênero: Categoria taxonômica na qual se reúnem as espécies evolutivamente mais próximas.

Habitat: Tipo particular de ambiente ocupado por certos organismos ou comunidade.

Hemiepífita: São plantas que usam outras plantas como suporte, mas têm uma conexão com o solo.

Herbívoro: Animal que se alimenta das folhas dos vegetais.

Herpetofauna: Fauna de anfíbios e répteis .

Intemperismo: É o conjunto de processos que provocam a decomposição e desintegração de minerais e rochas. Exclui as ações das chuvas e ventos, que se considera como essencialmente erosiva.

Impacto Ambiental: Qualquer alteração significativa no meio ambiente – em um ou mais de seus componentes – provocada por uma ação humana.

Inundação: É o efeito de fenômenos meteorológicos, tais como chuvas, ciclones e degelos, que causam acumulações temporais de água, em terrenos que se caracterizam por deficiência de drenagem, o que impede o desaguamento acelerado desses volumes.

Ictiofauna: Fauna de peixes.

Jusante: Na direção da corrente, rio abaixo. Área que fica abaixo da outra, ao se considerar a corrente fluvial pela qual é banhada.

Latossolo: são solos minerais, não hidromórficos, sempre com argila de atividade baixa, com horizonte do B tipo latossólico. São considerados solos em avançado estágio de evolução, suficiente para transformar os minerais primários oriundos do material de origem em caulinita ou óxidos de ferro e alumínio. Apresentam baixa reserva de nutrientes para as plantas, mas em contrapartida, possuem ótimas condições físicas para o desenvolvimento radicular.

Licença: Ato administrativo negocial, concordância da administração com atividades particulares, preenchidos os requisitos legais.

Lixiviação: Arraste vertical, pela infiltração da água, de partículas da superfície do solo para camadas mais profundas.

Medidas Mitigadoras: São aquelas destinadas a prevenir impactos ambientais ou reduzir sua magnitude.

Meio Ambiente: Conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.

Mastofauna: Fauna de mamíferos.

Micro-habitat : Partes do habitat em que um organismo desenvolve suas atividades.

Migração: Deslocamento de indivíduos ou grupo de indivíduos de uma região para outra. Pode ser regular ou periódica, podendo ainda coincidir com mudanças de estação.

Monitoramento ambiental: Medição repetitiva, descrita ou contínua, ou observação sistemática da qualidade ambiental.

Mudança textural abrupta: Consiste em considerável aumento no conteúdo de argila dentro de uma pequena distância vertical, menor que ou igual a 8cm, na zona de transição entre o horizonte A ou E e o horizonte subjacente B.

Nível trófico: É a posição ocupada por um organismo na cadeia alimentar. Os produtores ocupam o primeiro nível, os consumidores primários o segundo nível, os secundários o terceiro nível e assim por diante. Os decompositores podem atuar em qualquer nível trófico.

Ombrófila: Que tem afinidade com clima chuvoso; diz-se de florestas típicas de locais com elevados índices pluviométricos, e um período de estiagem curto ou ausente.

População: Conjunto de organismos de uma mesma espécie isolado reprodutivamente dos demais.

Predadores: Animais que se alimentam de outros animais.

Riquezas de espécie: Quantifica o número de espécie por unidade de área.

Reciclagem: Transformação de matéria orgânica em sais minerais sob a forma absorvível pelos vegetais.

Recursos hídricos: A quantidade de águas superficiais e subterrâneas de uma determinada região.

Refúgio florestal pleistocênico: Área que, apesar das secas ocasionadas pelas glaciações pleistocênicas, teria mantido umidade suficiente para não perder a cobertura florestal original, preservando assim as comunidades de organismos que lá viviam e cujos gens teriam servido, após a re-expansão da floresta, para originar a elevada diversidade das florestas neotropicais recentes.

Relatório de Impacto Ambiental (RIMA): Documento que apresenta os resultados dos estudos técnicos e científicos de avaliação de impacto ambiental.

Solo: A camada da superfície da crosta terrestre capaz de abrigar raízes de plantas, representando, pois, o substrato para a vegetação terrestre.

Saneamento: O controle de todos os fatores do meio físico do homem que exerce efeito deletério sobre o seu bem estar físico, mental ou social.

Saturação: Condição de um líquido quando guarda em solução a quantidade máxima possível de uma dada substância em certa pressão e temperatura.

Talude: Superfície inclinada de um terreno na base de um morro ou de uma encosta do vale, onde se encontra um depósito de detritos.

Talvegue: Linha que segue a parte mais baixa do leito de um rio, de um canal ou de um vale.

Tratamento: Processo artificial de depuração e remoção das impurezas, substâncias e compostos químicos de águas captadas dos cursos naturais, de modo a torná-la própria ao consumo humano, ou de qualquer tipo de efluente líquido, de modo a adequar sua qualidade para disposição final.

Turbidez: Medida de transparência de uma amostra ou corpo d'água, em termos de redução de penetração da luz, devido à presença de matéria em suspensão ou substâncias coloidais.

Vertente: Planos ou declives variados que divergem das cristas ou dos interflúvios, enquadrando o vale. Nas zonas de planície, muitas vezes, as vertentes podem ser abruptas e formarem gargantas.

Voçoroca: Escavação profunda originada pela erosão superficial e subterrânea, geralmente em terreno arenoso; às vezes atinge centenas de metro de extensão e dezenas de profundidades.

Vetores: Animais transmissores de vírus, bactérias, protozoários ou helmintos patogênicos para outros seres vivos.

Zooplâncton: Conjunto de animais, geralmente microscópicos, que flutuam nos ecossistemas aquáticos e que, embora tenham movimentos próprios, não são capazes de vencer as correntezas.

CAPÍTULO 4

Diagnóstico Ambiental

Este capítulo apresenta uma descrição e análise das principais características sócio-ambientais atuais da área de influência do PROJETO ITAFÓS. De acordo com o Termo de Referência emitido pelo NATURATINS, devem ser abordados, no mínimo, os assuntos a seguir relacionados. Quanto ao meio físico, o EIA deve apresentar informações sobre: (1) geologia, geomorfologia, solos e espeleologia (2) clima, (3) hidrografia, hidrologia e hidrogeologia, (4) qualidade do ar local, (5) qualidade das águas superficiais e subterrâneas locais, e (6) nível de ruído. No que se refere ao meio biótico, devem ser apresentadas informações sobre: (1) cobertura vegetal, (2) fauna. Finalmente, para o diagnóstico do meio antrópico, devem ser tratados: (1) características sócio-econômicas da região e do município, (2) histórico da ocupação territorial, (3) uso do solo local, (4) perfil dos moradores, (5) tráfego rodoviário e (6) patrimônio arqueológico, histórico e cultural.

Todas as informações necessárias para a caracterização da qualidade ambiental das áreas de influência do PROJETO ARRAIAS são reunidas neste capítulo e foram levantadas a partir de trabalhos de campo e de levantamento de dados secundários, segundo metodologias descritas em cada seção deste capítulo.

Para alguns levantamentos, o Termo de Referência prescreve as metodologias e procedimentos específicos que foram empregados na coleta de dados e as escalas de representação cartográfica. Nestes casos explicitados no Termo de Referência, suas diretrizes foram seguidas durante a realização dos estudos e a apresentação de seus resultados neste EIA. As situações que requereram adaptações ou ajustes são indicadas na seção correspondente.

No início deste capítulo é efetuada uma descrição das áreas de estudo. O diagnóstico ambiental é apresentado em três grandes subdivisões, ou seja, meio físico, meio biótico e meio antrópico. Diversos profissionais participaram do levantamento de dados e da preparação do diagnóstico ambiental, incluindo consultores selecionados por seu conhecimento prévio da área ou da região ou por sua reconhecida especialização. O nome e especialização destes profissionais são relacionados ao final do EIA. A integração dos dados e a formatação do relatório estiveram a cargo das equipes da PROMINER e da AMBIENGER.

4.1. Definição da Área de Estudo

Todo diagnóstico ambiental deve ser planejado previamente, de modo que sejam definidas de antemão não somente as informações que devem ser levantadas (e que serão necessárias para a etapa de análise dos impactos ambientais), mas também a necessidade de obtenção de dados primários ou a possibilidade de se trabalhar com dados secundários, as fontes destes dados secundários e os locais, a frequência e os métodos de coleta de dados primários, assim como a extensão espacial da área de trabalho, denominada *área de estudo*.

No planejamento dos estudos de impacto ambiental, a definição da área de estudo usualmente corresponde a uma hipótese sobre a *área de influência* do empreendimento, ou seja, a área geográfica onde serão ou poderão ser notados os efeitos diretos ou indiretos decorrentes de suas atividades. A área de influência, ou mais exatamente, a área esperada de influência do empreendimento, somente poderá ser conhecida depois de concluída a análise dos impactos, que, por sua vez, depende do diagnóstico ambiental.

No presente estudo, para os meios (físico, biótico e antrópico), foram definidas diferentes áreas de estudo para a realização dos levantamentos de campo para a obtenção de dados primários, a saber:

- **Meio físico** – geologia, hidrogeologia, geomorfologia, pedologia, climatologia, hidrologia e caracterização da qualidade das águas, qualidade do ar e níveis de ruído – Grande parte dos levantamentos ficou restrita às áreas compostas pelas futuras barragens e áreas de lavra, unidade fabril e adjacências, compreendendo áreas de 2 (duas) sub bacias, o rio Bezerra e as cabeceiras do Ribeirão Tiúba que drenam a referida área eleita para execução dos trabalhos de campo, que integram a bacia hidrográfica do rio Paranã. Para a caracterização das condições climáticas foram utilizados dados de postos meteorológicos do INMET localizados nas proximidades da área abrangida pelo PROJETO ITAFÓS, porém fora dos limites da área de estudo.
- **Meio biótico** – fauna e flora – Os levantamentos de fauna e flora foram realizadas nas áreas compostas pelas futuras barragens, áreas de lavra e pilha de estéril, unidade fabril e adjacências, compreendendo áreas de 2 (duas) sub-bacias, o rio Bezerra e as cabeceiras do Ribeirão Tiúba que drenam a referida área eleita para execução dos trabalhos de campo, que integram a bacia hidrográfica do rio Paranã. Porém, alguns pontos de coleta e levantamento ultrapassaram os limites da área estudo, como área do Córrego Carvalho.
- **Meio antrópico** – socioeconomia e percepção ambiental – Para a caracterização socioeconômica tomou-se como área de estudo o município de Arraias. Também foi realizada uma caracterização socioeconômica regional, na qual se insere o município de Arraias. Para tanto, foram pesquisados essencialmente dados do IBGE.

Na FIGURA 4.1.1 é apresentado o limite das áreas no qual ficaram concentrados os levantamentos dos meios físico e biótico para elaboração do diagnóstico ambiental do presente estudo. Para os levantamentos do meio antrópico foi eleita como área de estudo o município de Arraias.

Figura 4.1.1 – MAPA COM DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – FORMATO A3

4.2. Meio Físico

Em atendimento ao Termo de Referência do EIA/RIMA para PROJETO ITAFÓS, foram realizados levantamentos de campo, complementados por pesquisas bibliográficas, com ênfase para os seguintes temas: geologia e caracterização geológica local; estudos de hidrogeologia, com base na realização de sondagens e estudos executados pela CPRM; hidrologia e caracterização dos recursos hídricos; análise das águas superficiais e subterrâneas para determinação das características físicas, químicas e bacteriológicas; análise da qualidade do ar, a partir da instalação de Hi-Vols para medição da qualidade do ar, para a caracterização da poeira total em suspensão; geomorfologia para verificação das formas de relevo, seus processos atuantes, geotecnia ambiental e espeleologia para constatar a existência de cavidades cársticas; e pedologia, com enfoque para os tipos de solo ocorrentes na região.

4.2.1. Geologia

Geologia Regional

A área do PROJETO ARRAIAS localiza-se no estado do Tocantins município de Arraias, próximo a divisa de estado com Goiás, dentro do domínio geotectônico da Faixa Brasília.

A Faixa Brasília (FIGURA 4.2.1.1) é marcada por dois ramos de orientação distinta: a Faixa Brasília Setentrional (FBS), de orientação NE, e a Faixa Brasília Meridional (FBM), de orientação NW. Estes dois ramos se encontram na altura do paralelo de Brasília formando a Megaflexura dos Pireneus, dando à Faixa Brasília uma pronunciada concavidade voltada para leste, em conformação a uma protuberância no contorno original da margem do paleocontinente São Francisco (VALERIANO *et al.*, 2004).

A compartimentação tectônica da Faixa Brasília é definida, de leste para oeste, pelos terrenos que se acresceram à borda ocidental do CSF: metassedimentos parautóctones do Grupo Bambuí na zona de antepaís; metassedimentos alóctones da margem passiva neoproterozóica e rochas do seu embasamento; o Maciço Goiano, um microcontinente formado por rochas arqueanas a mesoproterozóicas; e o Arco Magmático de Goiás (AMG), que gerou magmatismo pré-colisional desde 930 Ma até 640 Ma, quando houve a sua acreção à faixa orogênica. A acreção destes terrenos contra o CSF se deu em sequência a um episódio tafrogenético de escala mundial, iniciado em 900 Ma, relacionado à fragmentação do supercontinente Rodínia e à dispersão de múltiplos paleocontinentes, incluindo o São Francisco-Congo. A deriva continental foi acompanhada do desenvolvimento de bacias sedimentares de margem passiva ao redor deste paleocontinente. Na sua margem ocidental, onde se desenvolveu a Faixa Brasília, depositaram-se os Grupos Canastra, Ibiá, Paranoá, Vazante, Bambuí, Araxá e Andrelândia. Especialmente na FBM, o empilhamento de extensas nappes de cavalgamento subhorizontais, formadas predominantemente pelas unidades metassedimentares neoproterozóicas seguiu-se ao auge metamórfico em 640 Ma, durante o qual houve subducção da margem passiva sanfranciscana mais distal sobre a placa colidente e formação, ainda que restrita, de granitos sin-colisionais (VALERIANO *et al.*, 2004).

No conjunto alóctone, o grau metamórfico e a intensidade da deformação ligada ao cisalhamento de baixo mergulho aumentam consideravelmente, porém não continuamente, da área cratônica até a zona mais interna da faixa. Nos seus estágios mais tardios, a deformação passa para um estilo dominado por dobramentos mais abertos e empinados associados a falhas transcorrentes sinistrais de direção NW-SE, que acabam segmentar a Faixa Brasília. Estruturas da fase principal de deformação da FBS se superpõem às da FBM, seguido do desenvolvimento de falhas transcorrentes destrais de direção NE-SW. Idades K-Ar indicam resfriamento final do conjunto alóctone em 580-560 Ma. Nesta época, a aglutinação do Gondwana passa a se processar através de colisões continentais em zonas mais periféricas ao protocontinente formado pelo CSF e terrenos acrescidos da Faixa Brasília (Margem Passiva, Maciço Goiano, AMG): a leste e sul do CSF desenvolvem-se as Faixas Araçuaí e Ribeira, cuja atividade orogênica perdura até o Cambriano, imprimindo direções estruturais NE-SW que truncam a parte sul da Faixa Brasília. Do lado oposto, ocorre a aproximação final de Amazônia, que leva à orogênese cambriana que desenvolveu as faixas Paraguai e Araguaia (VALERIANO *et al.*, 2004).

As unidades geológicas compreendidas neste domínio na área de estudo podem ser observadas no mapa geológico da FIGURA 4.2.1.2 e na coluna estratigráfica da FIGURA 4.2.1.3 estando em idades do Arqueano ao Mesozóico constando das seguintes litologias:

Complexo Granito-Gnáissico

O Complexo granito-gnáissico possui idade arqueana e ocorre em larga faixa entre as cidades de Almas e Dianópolis no Tocantins, até Cavalcante em Goiás (PIMENTEL *et al.* 2000 apud MONTEIRO, 2009).

Esses terrenos são compostos por ortognaisses, granitóides deformados, e algumas unidades supracrustais, depositando sobre este embasamento, rochas dos Grupos Paranoá, Bambuí, Araí e Natividade (PIMENTEL *et al.*, 2000 apud MONTEIRO, 2009).

Formação Ticunzal

Esta unidade apresenta idade segundo dados Sm-Nd de 2,15 Ga. estabelecendo contato com o complexo granito-gnáissico e os granitos da Suíte Aurumina, cujas intrusões mais antigas apresentam mesma idade (MONTEIRO, 2009).

Não se sabe muito bem a área de ocorrência desta unidade, sendo sua área tipo a região das Serras de Ticunzal e Tombador no município de Cavalcante – GO (MARINI *et al.*, 1978 apud MONTEIRO 2009).

A Formação Ticunzal é constituída por rochas metassedimentares em três litofácies:

- PP1t zp: paragnaisses contendo granadas e grafita;
- PP1t zx: quartzo-muscovita xistos, muscovita-granada xistos, clorit-muscovita-quartzo xistos e grafita xisto; e
- Metaconglomerados e quatzitos.

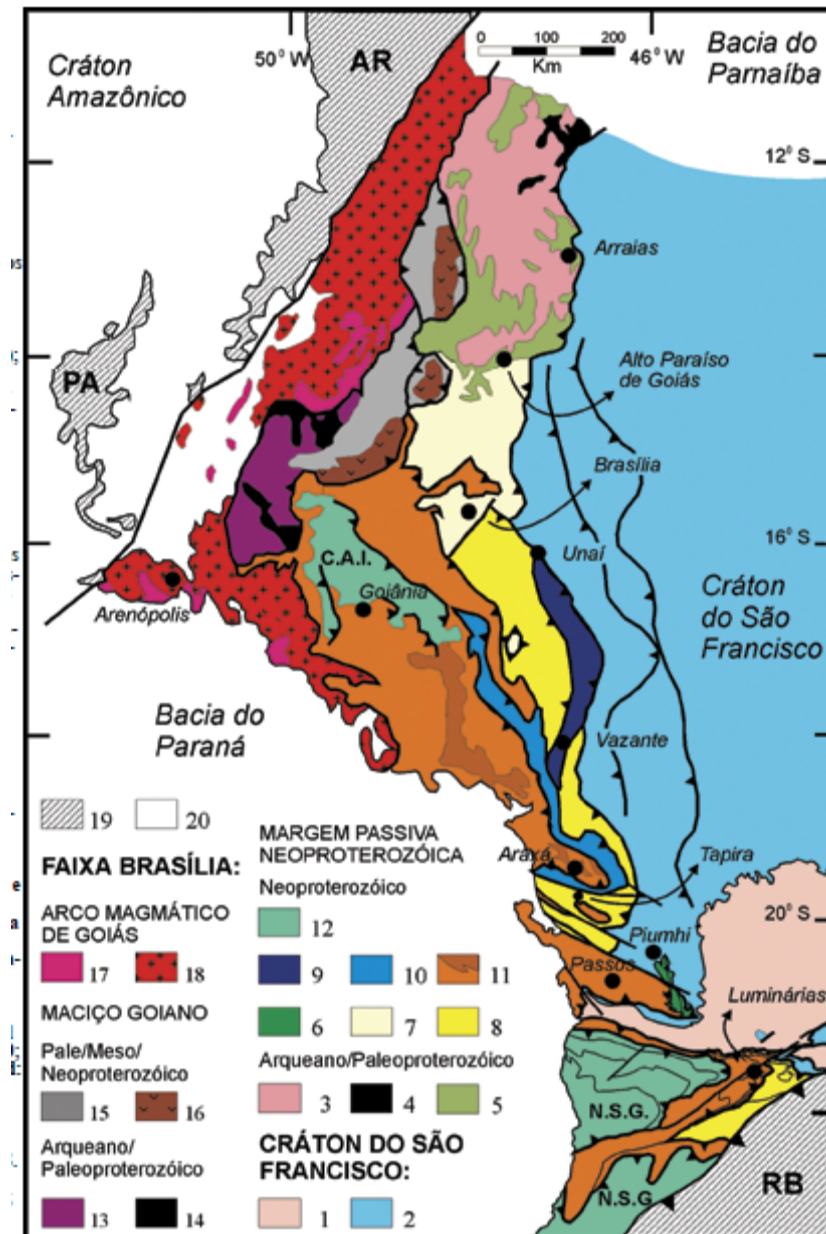
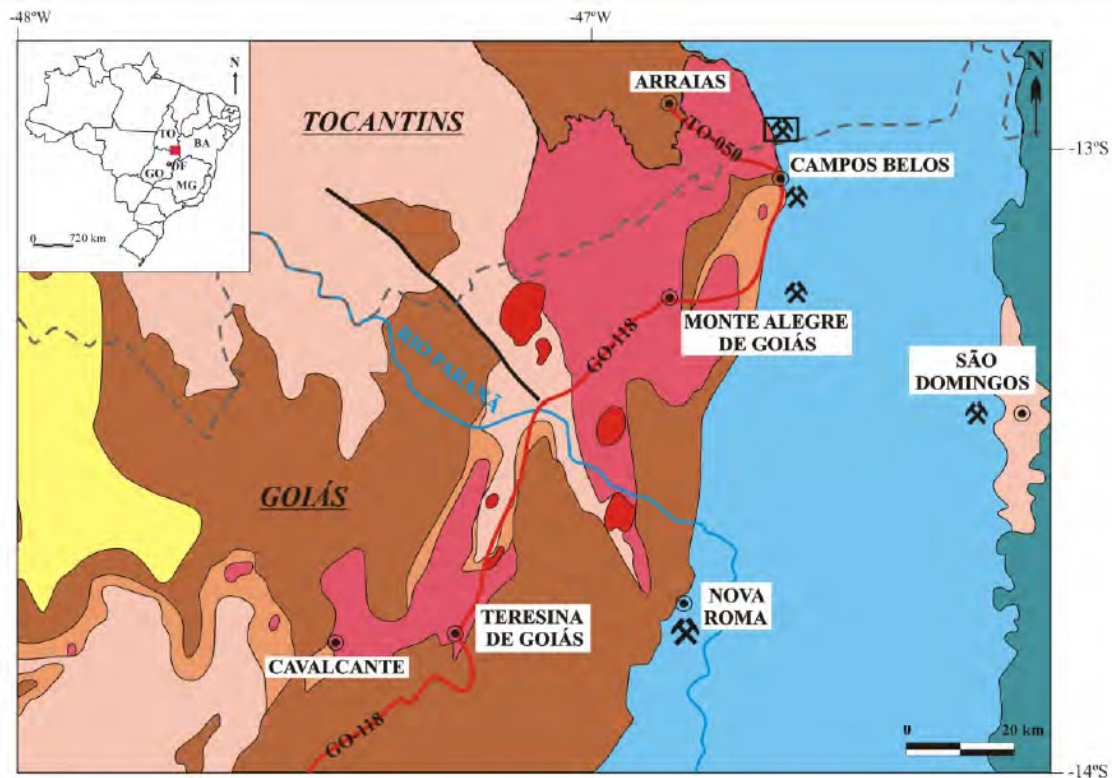


FIGURA 4.2.1.1 - Unidades Tectônicas da Faixa Brasília (VALERIANO *et al.*, 2004) 1 - terrenos granitos-greenstone e gnaiss migmatíticos arqueano/ paleoproterozóicos. 2 - coberturas metassedimentares autóctones/parautoctones. 3 - terrenos granitos-greenstone gnaiss migmatíticos arqueano/ paleoproterozóicos. 4 - greenstone-belts arqueano/ paleoproterozóicos. 5 - sucessão de rifte paleo a mesoproterozóico. 6 - Sistema de Cavalgamento Ilicínea-Piumhi. Sucessões neoproterozóicas de margem passiva: 7- Grupo Paranoá; 8- Grupo Canastra; 9- Grupo Vazante, 10- Grupo Ibiá; 11- Grupos Araxá e Andrelândia e rochas metabásicas toleíticas associadas; complexos de melanges ofiolíticas; lascas de embasamento alóctone, granitos leucocráticos sincolisionais; 12- nappes granulíticas; 13-complexos granito- gnaiss-migmatíticos arqueanos/paleoproterozóicos; 14- greenstone-belts arqueano/paleoproterozóicos; 15- sucessões vulcano-sedimentares de rifte; 16- complexos básico-ultrabásicos acamados meso/neoproterozóicos; 17- sucessões vulcano- sedimentares meso a neoproterozóicas; 18- ortognaisses e rochas granitóides neoproterozóicas; 19- faixas Paraguaia, Araguaia e Ribeira; 20- coberturas sedimentares fanerozóicas.

Suíte Aurumina

A Suíte Aurumina é intrusiva na Formação Ticunzal e estabelece contato com o Complexo Granito-Gnáissico, o Grupo Bambuí, a Suíte Pedra Branca e a Formação Araí. A área-tipo constitui granitos aflorantes no povoado de Aurumina no município de Teresina de Goiás – GO (BOTELHO *et al.*, 1999 apud Monteiro 2009) e ocorre desde Arraias - TO, Campos Belos – GO, Monte Alegre de Goiás – GO, Nova Roma – GO, até Cavalcante - GO e Teresina de Goiás - GO.



MESOZÓICO

Grupos Urucuiá e Areado

NEOPROTEROZÓICO

Grupo Bambuí: rochas carbonáticas e pelíticas

MESOPROTEROZÓICO

Grupo Paranoá: rochas metapelíticas, quartzíticas e metacarbonáticas no topo

PALEO/MESOPROTEROZÓICO

Grupo Araí: sequência de rifte com vulcanismo bimodal na base (Fm. Arraias) e rochas metassedimentares no topo (Fm. Trairas)

Suíte Pedra Branca: granitos estaníferos do tipo A

PALEOPROTEROZÓICO

Suíte Aurumina: rochas graníticas peraluminosas

ARQUEANO/PALEOPROTEROZÓICO

Formação Ticunzal: paragneisses e xistos

Complexo granito-gnáissico

SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

Falha transcorrente

Contato definido

Contato inferido com auxílio da Carta do Brasil ao milionésimo, CPRM (2003)

Ocorrências de rochas fosfatadas

Depósito de fosfato em estudo

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

Limite estadual

Drenagem permanente

Rodovia estadual

Municípios

FIGURA 4.2.1.2 - Mapa geológico regional do sudeste de Tocantins e nordeste de Goiás (modificado de Botelho e Silva, 2004 apud Monteiro, 2009)

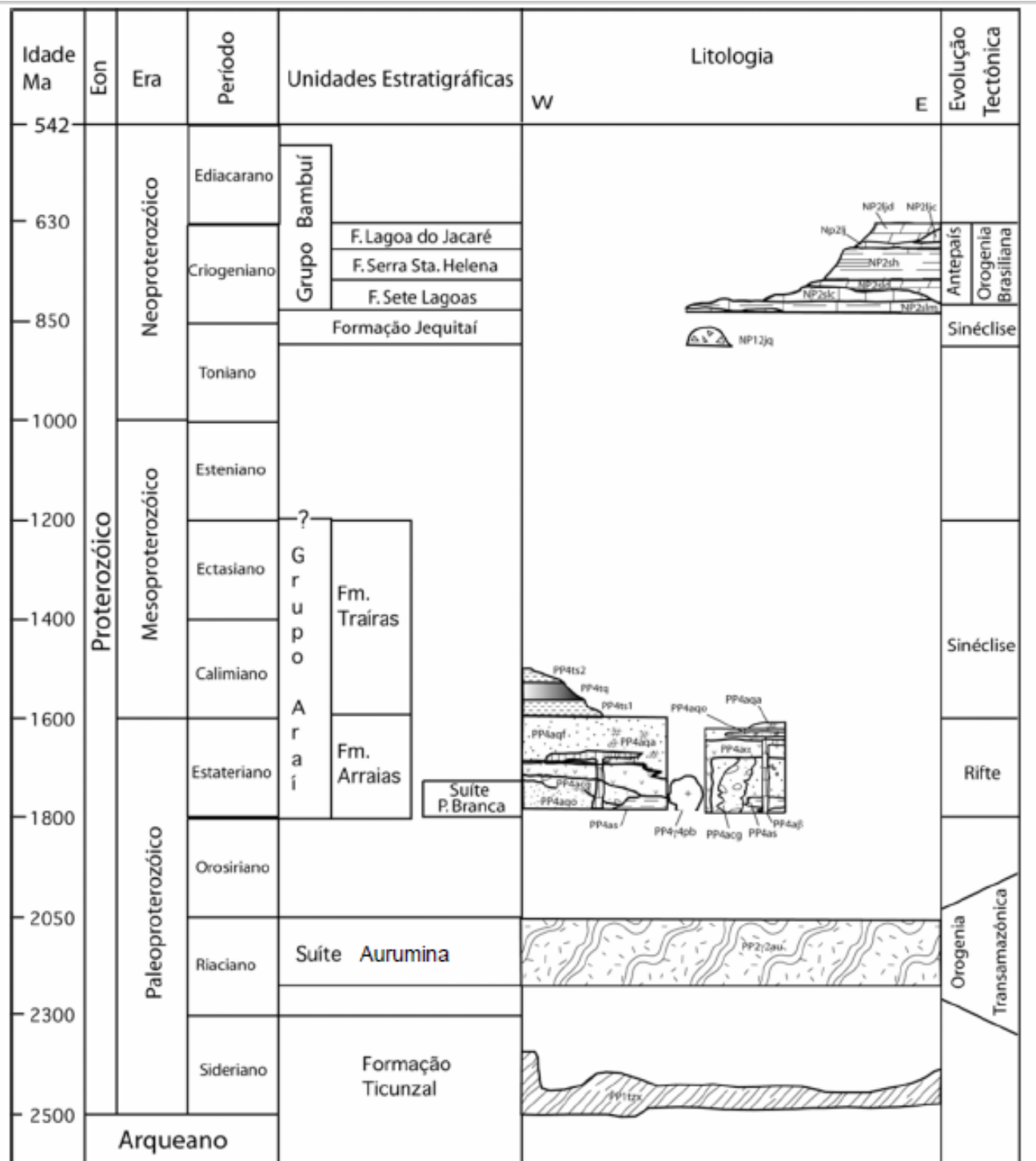


FIGURA 4.2.1.3 - Coluna estratigráfica regional (ALVARENGA *et al.*, 2007)

A Suíte Aurumina esta dividida em seis litofácies (MONTEIRO, 2009):

- PP2y2au1: muscovita granito com foliação milonítica de direção NNE e mergulho SSE;
- PP2yau2: biotita-muscovita granito com foliação milonítica de direção NNE e mergulho SSE;

- PP2yau3: tonalitos predominantemente leucocráticos localmente milonitizados;
- PP2yau4: biotita granitos com deformação incipiente;
- Migmatitos
- Turmalina-muscovita granitos

Suíte Pedra Branca

A Suíte Pedra Branca é constituída por biotita granitos rapakivíticos, granófiros e diques porfiríticos com quartzo azul, leucogranitos com mica litinífera associados a depósitos de estanho. A idade está entre 1,74 e 1,77 Ga. e intrude terrenos da Suíte Aurumina e Formação Ticunzal (ALVARENGA *et al.*, 2007).

Grupo Araí

O Grupo Araí recobre áreas do Complexo Granito-Gnáissico, Formação Ticunzal e Suíte Aurumina e são recobertos pelos Grupos Paranoá e Bambuí. Ocorre da Chapada dos Veadeiros até a região sudeste de Tocantins, ocupando área de cerca de 11.000 km², sua área tipo é o povoado de Araí a 30km de Cavalcante – GO (ALVARENGA *et al.*, 2007).

O Grupo Araí foi subdividido em duas unidades: Formação Arraias e Formação Traíras.

Segundo Alvarenga *et al.* (2007) a Formação Arraias compreende rochas sedimentares e vulcânicas de um ambiente sin-rifte dividida em sete litofácies: metaconglomerados suportados pelos seixos ou pela matriz, com seixos de granitos, riolitos, quartzo e quartzitos, ocorrem geralmente como lentes de grandes variações de espessura (PP4acg); metassiltitos e metarritmitos formando uma espessa sequência metassedimentar situada na base das rochas metavulcânicas expostas ao longo da escarpa da Serra da Aboboreira na Folha Cavalcante e ao longo da escarpa da Serra da Prata (PP4as); Metariolitos, metariodacitos e metapiroclásticas ocorrendo geralmente intercalados nas rochas metassedimentares da base da sequência detrítica, a distribuição desta sequência vulcânica ácida é extremamente irregular e descontínua, sua espessura variando de poucos centímetros a mais de 100 metros muito rapidamente (PP4aq); . quartzitos feldspáticos com seixos, ou laminados, com estratificações cruzadas tabulares e acanaladas, apresentando seixos esparsos geralmente de quartzo e quartzito, provavelmente de origem fluvial (PP4aqs); Metabasaltos, às vezes amígdalar, vesicular e disjunções colunares (PP4aβ); quartzitos feldspáticos e ortoquartzitos, com intercalações de rochas metavulcânicas ácidas (PP4aqf); Ortoquartzitos com estratificações cruzadas tabulares e acanaladas de grande porte de origem eólica (PP4aqo); e Quartzitos arcoseanos com estratificações cruzadas são interpretados como de origem fluvial (PP4aqa).

A Formação Traíras é composta por rochas sedimentares depositadas em ambiente marinho dividida em três litofácies: metassiltitos maciços, metassiltitos calcíferos e metarritmitos (PP4ts1); Quartzitos arcoseanos, dispostos em banco de até 20 cm com estratificações cruzadas e marcas onduladas (PP4tq); e siltitos e quartzitos rítmicos (PP4ts2) (ALVARENGA *et al.*, 2007).

Grupo Paranoá

O Grupo Paranoá ocorre no estado de Goiás a oeste de Cavalcante, é separado do Grupo Araí por uma inconformidade na base e no topo pelo Grupo Bambuí (DARDENNE, 1978; FUCK *et al.*, 1988). Segundo Olivo (1989) o Grupo Paranoá encontra-se subdividido em dez unidades mapeáveis distribuídas em duas sequências principais: psamo-pelítica e psamo-pelito-carbonática. A primeira sequência é constituída por metaconglomerados, filitos carbonosos e quartzitos, e a segunda por calcifilitos, quartzitos, filitos carbonosos e quartzitos feldspáticos. A sedimentação do Grupo Paranoá, de acordo com Dardenne *et al.* (1976), ocorreu entre 1,2 e 0,9 Ga marcada pela presença de estromatólitos de *Conophyton metula*. Os processos tectono-metamórficos ocorreram durante a orogênese Brasileira, com ápice entre 0,65 e 0,60 Ga (FUCK *et al.*, 1988 e PIMENTEL *et al.*, 1999).

Formação Jequitai

A Formação Jequitai é constituída por diamictito, tilito, varvito e arenito e segundo Karfunkel e Hoppe (1988), esta unidade litoestratigráfica foi transportada de oeste para leste e corresponde a uma sedimentação glácioterrestre.

Esta unidade ocorre na região de Formosa - GO e Cristalina - GO e nas folhas Monte Alegre de Goiás e Nova Roma - GO (ALVARENGA *et al.*, 2007).

Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí representa uma sequência de rochas pelito-carbonáticas com intercalações de arenitos imaturos em seus membros superiores, formado pelo acúmulo de sedimentos sobre uma extensa plataforma epicontinental, onde o mar recobriu grande parte do paleocontinente São Francisco (ALVARENGA *et al.*, 2007).

Segundo Alvarenga *et al.* (2007) a distribuição geográfica do Grupo Bambuí, e correlatos, é ampla e contínua ao longo de uma expressiva faixa do Brasil centro-oriental. Ocorre ao longo de vastas áreas dos estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás e parte do Distrito Federal e do Estado de Tocantins.

A estratigrafia do Grupo Bambuí foi definida por Costa & Branco (1961 apud ALVARENGA, 2007) e modificada ao longo dos anos, definindo 5 unidades litoestratigráficas a saber: Fm. Sete Lagoas, Fm. Serra de Santa Helena, Fm. Lagoa do Jacaré, Fm. Serra da Saudade e Fm. Três Marias. Atualmente o Grupo Bambuí foi incorporado ao Supergrupo São Francisco (PFLUG e RENGER, 1973 apud ALVARENGA *et al.*, 2007).

Na região ocorrem as seguintes unidades litoestratigráficas do Grupo Bambuí:

Formação Sete Lagoas

A Formação Sete Lagoas ocupa a porção leste da região de Campos Belos - GO e Arraias - TO, fazendo contato com o Grupo Urucua a leste e com o embasamento arqueano/paleoproterozóico e Grupo Araí a oeste.

Esta é a unidade basal do Grupo Bambuí, representa uma unidade pelito-carbonática, formada por siltitos, calcários laminados, calcários e dolomitos estromatolíticos, dolarenitos e brechas dolomíticas, depositados em ambientes de intermaré, inframaré e plataforma carbonática (LIMA, 1997 apud ALVARENGA *et al.*, 2007).

A Formação Sete Lagoas é dividida em três litofácies:

NP2slm - unidade basal constituída pela intercalação de margas, siltitos, siltitos calcíferos e calcários laminados. Recobertos, normalmente, por um solo de cor vermelha ocre. Às vezes são encontrados na base desta unidade corpos lenticulares de dolomitos de cor cinza escuro a branco, normalmente bem recristalizados, de 3 a 7 metros de espessura. A espessura desta unidade varia entre 120 a 80 metros (ALVARENGA *et al.*, 2007);

NP2slc - Calcários laminados, às vezes bandado, e calcários argilosos de cor cinza, esta é a unidade mais delgada da Formação Sete Lagoas, com uma espessura variável de 20 a 80 metros. O contato entre a associação basal (NP2slc) e os calcários laminados e argilosos é aparentemente, gradacional (ALVARENGA *et al.*, 2007); e

NP2sld - Dolomitos laminados, dolarenitos, brechas dolomíticas e dolomitos maciços recristalizados de cor cinza claro a. A distribuição e a ocorrência desta unidade é bem descontínua em razão da geometria lenticular dos estratos e da atuação de falhas com rejeito direcional que segmentaram os corpos e, provavelmente, contribuíram com a dolomitização. Grande parte destes dolomitos está altamente recristalizada e venulada, o que dificulta o reconhecimento de estruturas primárias. A espessura desta litofácies varia de 0 a 60 metros e suas exposições estão relacionadas a morrotes de aspecto ruiforme (ALVARENGA *et al.*, 2007)

Formação Serra de Santa Helena

Esta unidade representa uma espessa sucessão de rochas siliciclásticas finas, com intercalações esparsas de níveis margosos, próximo ao limite superior, e corpos lenticulares métricos a decimétricos de calcário argiloso e calcarenito fino próximo à base (ALVARENGA *et al.*, 2007).

Duas litofácies podem ser reconhecidas dentro desta unidade: Siltito argiloso laminado e ritmito fino. O siltito argiloso laminado está intimamente relacionado às áreas na qual a geomorfologia se destaca pela planura da paisagem e pelo espesso perfil de solo (ALVARENGA *et al.* (2007).

Segundo Alvarenga *et al.* (2007), os ritmitos finos são formados pela intercalação de camadas milimétricas a centimétricas de siltito maciço e bancos centimétricas a decimétricas de arenito muito fino, rico em micas brancas detríticas. Alguns bancos arenosos apresentam estratificação gradacional normal. Geralmente, as camadas arenosas apresentam uma superfície basal irregular e brusca, de característica erosiva, e superfície de topo plana. Marcas onduladas assimétricas exibindo laminações internas e estratificações cruzadas de baixo ângulo são também encontradas nos bancos arenosos.

Formação Lagoa do Jacaré

A Formação Lagoa do Jacaré representa a unidade superior do Grupo Bambuí dentro da região. Sua área de exposição é representada por toda a faixa oriental das folhas Monte Alegre de Goiás e Nova Roma. Esta formação inclui um conjunto de intercalações de calcário, siltitos, margas e dolomitos (ALVARENGA, 2007).

Grupo Urucua e Areado

Os sedimentos cretácicos dos Grupos Urucua e Areado ocorrem no extremo leste da área estudada em contato erosivo sobre o Grupo Bambuí.

Grupo Areado (Eocretáceo) é constituído pelas formações Abaeté (basal), Quiricó e Três Barras, relacionadas por interdigitação. A Formação Abaeté foi depositada por leques aluviais (na porção sul da bacia) e por sistemas fluviais entrelaçados (nas demais regiões da bacia); a Formação Quiricó registra uma sedimentação lacustre, localmente caracterizada por lagos estratificados, e a Formação Três Barras, marcando os ambientes fluviais, fluviodeltáticos e eólicos. Esta unidade apresenta maior espessura na porção sul da bacia (> 200 metros), enquanto na região centro-norte suas ocorrências são mais descontínuas e delgadas (máximo 70 metros) (CAMPOS, 1996).

Grupo Urucua (Neocretáceo) é composto por arenitos, tendo sido informalmente subdividido nas formações Posse (com as Fácies 1 e 2) e Serra das Araras, respectivamente interpretadas como depósitos eólicos de campos de dunas secas, fluvial entrelaçado depositado em canais e fluvial entrelaçado depositado por lençóis de areia e cascalho. Está presente desde o sul da bacia, onde é preservado em áreas isoladas e recoberto por arenitos vulcânicos, até o meio norte da bacia, onde se torna a unidade predominante (CAMPOS, 1996).

Geologia Local

O mapa geológico foi construído na escala 1:100.000 com base em dados de campo e fotointerpretação, sendo apresentado na FIGURA 4.2.1.4.

A região percorrida para mapeamento geológico de unidades de superfície se concentrou na área do projeto de implantação das minas, infra-estrutura e unidade de processamento de fosfato da ITAFÓS, compreendendo os Processos DNPM 864.113/03, 864.174/04, 864.175/04 e 864.176/04.

Foram mapeadas exposições do embasamento granítico atribuídas à Suíte Aurumina, metaconglomerados do Grupo Araí, rochas pelito-carbonatadas e fosfatadas da Formação Sete Lagoas e rochas pelíticas da Formação Serra de Santa Helena.

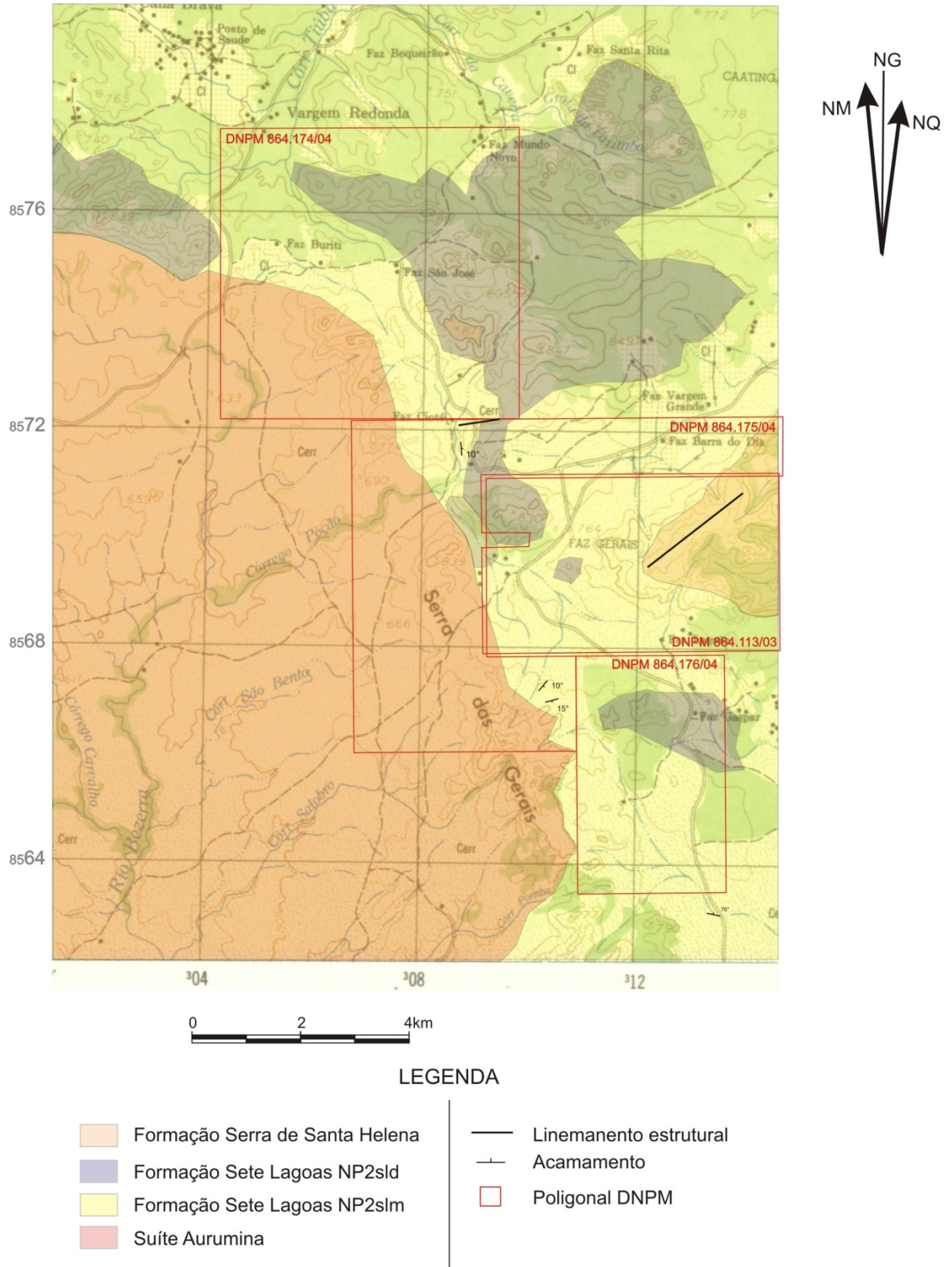


FIGURA 4.2.1.4 - Mapa Geológico das áreas da ITAFÓS em Arraias – TO

Suíte Aurumina

A Suíte Aurumina ocorre na porção oeste da área com direção aproximada N-S, se apresentando como o embasamento cristalino.

Ocorre como rocha granitóide (tonalito) fanerítica a pegmatítica, leucocrática com plagioclásios e predominância de quartzo, com veios de quartzo. Algumas porções apresentam granadas e se encontram milonitizadas (FOTO 4.2.1.1) com lineação na direção NNE.

O solo gerado pela Suíte Aurumina é branco, arenoso grosso a médio, quartzoso com seixos de quartzo de veio angulosos a subangulosos.

Os cursos d'água perenes como o rio Bezerra (FOTO 4.2.1.2) e o córrego Poção correm sobre os tonalitos da Suíte Aurumina, se apresentando às vezes encaichoerados.

Os tonalitos geram aquíferos fortemente anisotrópicos, livres, de potencial restrito, limitados às zonas de fraturas e aproveitados por poços tubulares que variam de 100 a 160 metros de profundidade. A condutividade hidráulica média é de $1,6 \times 10^{-6}$ m/s, enquanto a transmissividade é de $1,8 \times 10^{-4}$ m²/s (RIALMA, 2008).

Segundo Almeida et al. (2006 apud RIALMA 2008) as vazões médias são da ordem de 7500 L/h, com máxima de 20.000 L/h e capacidade específica de 0,664 m³/h/m.



FOTO 4.2.1.1 - Tonalito mostrando textura milonítica UTM 23L 304.787mE/
8.573.285mN (Datum SAD69)



FOTO 4.2.1.2 - Tonalitos no leito do rio Bezerra. UTM 23L 304.022mE/
8.569.192mN (Datum SAD69)

Grupo Araí

Foram identificados metaconglomerados da Formação Arraias no leito do córrego Salobro do São Bento (FOTO 4.2.1.3) em contato com os tonalitos da Suíte Aurumina, como um corpo alongado com direção N-S.

Os metaconglomerados da Formação Arraias são polimíticos, matriz suportados, possuindo seixos centimétricos a decimétricos de granito em matriz arenosa, com grau de arredondamento subanguloso (FOTO 4.2.1.4).

Esta unidade funciona como aquífero misto, podendo armazenar água em sua incipiente porosidade primária e sendo excelente reservatório em sua porosidade secundária, ou seja em fraturas que na área se apresentam na direção NW-SE. Dados de vazão obtidos de uma população de nove poços (banco de dados do estado de Goiás, disponibilizado em meio analógico e digital – “Hidrogeologia do Estado de Goiás”, Almeida *et al.*, 2006 apud RIALMA 2008) indicam valores médios de vazão de 9 m³/h, com máximo de 19 e mínimo de 5 m³/h.



FOTO 4.2.1.3 - Metaconglomerados da Formação Arraias no leito do córrego Salobro do São Bento. UTM 23L 308.749mE/ 8.570.392mN (Datum SAD69).



FOTO 4.2.1.4 - Metaconglomerados da Formação Arraias mostrando seixos de granito em matriz arenosa de coloração cinza. UTM 23L 309.011mE/ 8.570.021mN (Datum SAD69).

Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí ocupa a maior parte da área, estando representado pelas Formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena.

Formação Sete Lagoas

Foram identificadas 2 litofácies da Formação Sete Lagoas na área:

NP2slm – Constituída por siltitos maciços, siltitos laminados, siltitos calcíferos, siltitos fosfatados, margas e fosforitos.

As margas (FOTO 4.2.1.5) estão intercaladas aos siltitos, possuem coloração cinza clara a cinza escura e clivagem do tipo ardosiana. Os afloramentos observados estavam no chão de estradas vicinais.

Os siltitos possuem coloração que vai de bege a amarelo e às vezes rosa (FOTO 4.2.1.6), são encontrados por toda a área pediplanizada, estando em sua maioria intemperizados, no geral se apresentam laminados (FOTO 4.2.1.7) fazendo parte do flanco de um dobramento

com caimento suave (FOTO 4.2.1.8), localmente se apresentam maciços e às vezes intercalados a lentes carbonáticas.

Na lavra experimental do Coité são encontrados siltitos laminados com dobras assimétricas (FOTO 4.2.1.9) e intercalações de lentes de manganês e níveis de siltitos silicificados.



FOTO 4.2.1.5 - Marga da Formação Sete Lagoas em afloramento no chão de estrada vicinal. UTM 23L 312.207mE/ 8.567.541mN (Datum SAD69).



FOTO 4.2.1.5 - Siltitos de coloração rosa a amarela intercalados a marga. UTM 23L 313.008mE/ 8.572.164mN (Datum SAD69).

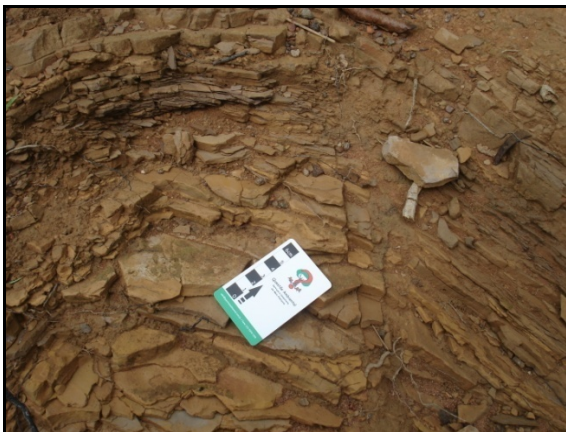


FOTO 4.2.1.7 - Siltitos laminados de coloração bege. UTM 23L 309.624mE/ 8.568.651mN (Datum SAD69).



FOTO 4.2.1.8 - Siltitos com dobramento suave em afloramento de corte de estrada. UTM 23L 308.926mE/ 8.571.653mN (Datum SAD69).

NP2sld – Constituída por pacote de dolomito com cerca de 80m de espessura, formando morrotes isolados (FOTO 4.2.1.10) na topografia e escarpamentos com paisagem ruiforme, sobrepondo os siltitos da litofácies NP2slm.

Os dolomitos possuem coloração cinza escura, são recristalizados com textura granoblástica com granulação média a fina. Apresentam estratificação plano-paralela horizontal (FOTO 4.2.1.11) a um leve caimento, localmente os dolomitos são maciços. São encontrados veios de quartzo e sílex.

Comumente são encontradas feições de dissolução como caneluras, lapiás, dolinas, condutos e cavernas nesta unidade, apresentando relevo cárstico bem desenvolvido.

O aquífero gerado sobre o Grupo Bambuí é o cárstico com presença de extensas zonas sem correntes de águas superficiais, ocorrência de depressões, mais ou menos grandes, cuja drenagem é subterrânea, existência de cavidades (condutos, fraturamento e cavernas) pelas quais circulam correntes de água subterrâneas.



FOTO 4.2.1.9 - Siltitos com dobras assimétricas na lavra do Coité. UTM 23L 308.640mE/ 8.572.430mN (Datum SAD69).



FOTO 4.2.1.10 - Morrote de dolomito, sendo possível observar o fraturamento vertical. UTM 23L 310.843mE/ 8.568.299mN (Datum SAD69).

Formação Serra de Santa Helena

A Formação Serra de Santa Helena foi identificada como siltitos silicificados a silexitos maciços com coloração amarela a branca, as vezes rosa (FOTO 4.2.1.12), compondo morraria alongada na direção W-E (FOTO 4.2.1.13) sobre a Formação Sete Lagoas.



FOTO 4.2.1.11 - Dolomitos com acamadamento plano paralelo horizontal da Formação Sete Lagoas. UTM 23L 308.889mE/ 8.573.317mN (Datum SAD69).



FOTO 4.2.1.12 - Afloramento de siltitos a arenitos finos silicificados da Formação Serra de Santa Helena. UTM 23L 313.571mE/ 8.570.465mN (Datum SAD69).



FOTO 4.2.1.13 - Morraria sustentada por siltitos silicificados da Formação Serra de Santa Helena UTM 23L 311.179mE/ 8.571.419mN (Datum SAD69).

Geologia Estrutural

Assim como em Monteiro (2009), devido a deformação heterogênea e os três eventos tectônicos bem representados por Alvarenga *et al*, (2007), dividimos a área em dois domínios bem definidos:

Domínio Embasamento

Constituído pelos tonalitos da Suíte Aurumina, foi afetado por três eventos deformacionais a saber: Orogênese Transamazônica (Paleoproterozóico), Rife Araí (Paleoproterozóico/Mesoproterozóico) e Orogênese Brasileira (Neoproterozóico) Alvarenga *et al*. (2007), desenvolvendo localmente foliação milonítica e fraturamento.

A foliação, quando existente, é proeminente, possuindo direção em torno de N45W e mergulho suave de 25° para NE. Segundo Monteiro (2009), a direção da foliação é N30W e o mergulho alto para NE. Isso pode indicar dobramento do domínio geotectônico I como citado por Alvarenga *et al*, (2007), ou seja, pertencente à Orogênese Brasileira.

O conjunto de medidas tomada do fraturamento no eixo do projeto de barragem de rejeito e ao longo do rio Bezerra, mostra predominância de fraturamento na direção E-W com mergulho verticalizado (FIGURA 4.2.1.5).

Esse conjunto de fraturas é paralelo ao eixo do projeto da barragem de rejeito, sendo transversal a direção de fluxo do rio Bezerra.

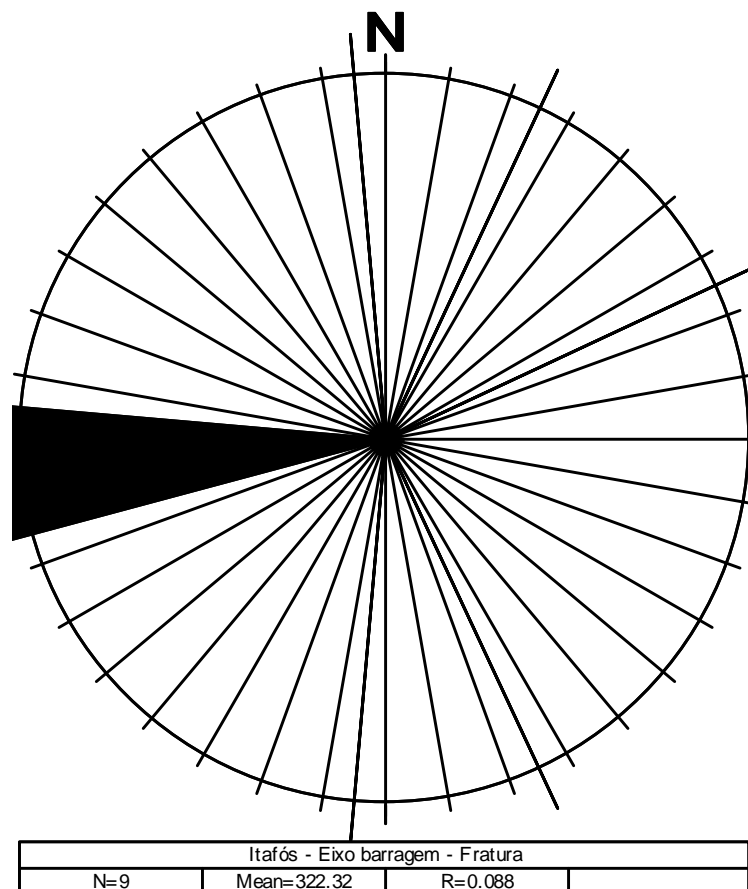


FIGURA 4.2.1.5 - Rosácea de frequência do fraturamento em tonalitos da Suíte Aurumina.

Domínio Supracrustal

A FIGURA 4.2.1.6. apresenta a distribuição de frequência de fraturas nos siltitos da Formação Sete Lagoas, mostrando um conjunto de quatro direções preferenciais: N10W, N55W, E-W e N10E.

O fraturamento entre N10W e N10E pode refletir o lineamento da Serra da Taboquinha na porção leste da Folha de Monte Alegre de Goiás, como citado por Alvarenga *et al*. (2007).

Os sistemas de fraturas com direção E-W representam lineamento existente na lavra do Coité de mesma direção e o sistema com direção N55W não foi identificado, podendo ser neotectonismo.

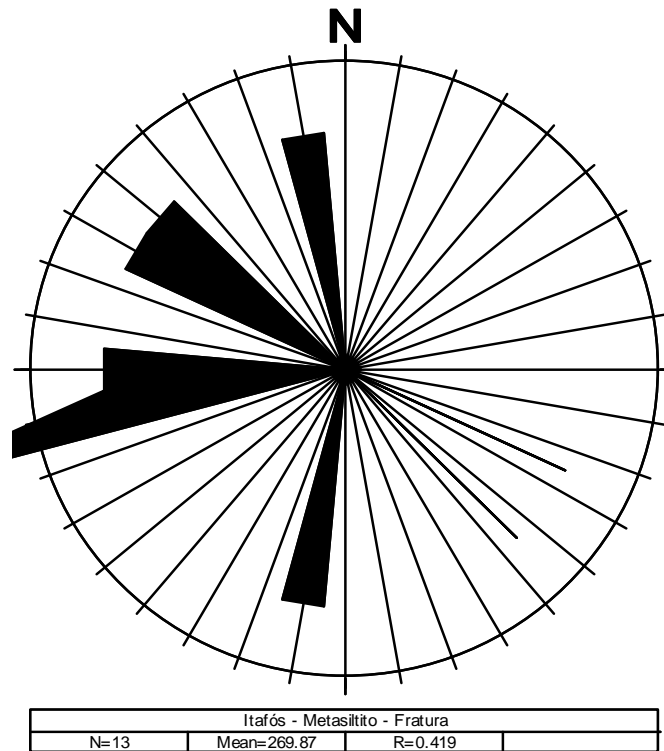


FIGURA 4.2.1.6 - Rosácea de frequência do fraturamento em siltitos da Formação Sete Lagoas

Na FIGURA 4.2.1.7 são apresentados os estereogramas de pólos e frequência referentes aos planos de acamamento Sn de siltitos da Formação Sete Lagoas, mostrando que esses planos possuem direções NW e NE com mergulhos variando de mergulhos suaves para oeste e intermediários a alto para leste, apresentando padrão de dobras assimétricas.

Esse padrão indica dobramento do domínio geotectônico I como citado por Alvarenga *et al.* (2007), ou seja, pertencente à Orogênese Brasileira, com flancos longos mergulhando entre 20° e 40° para oeste, enquanto que flancos curtos mostram um ângulo de mergulho mais forte, variando entre 60° e 90°.

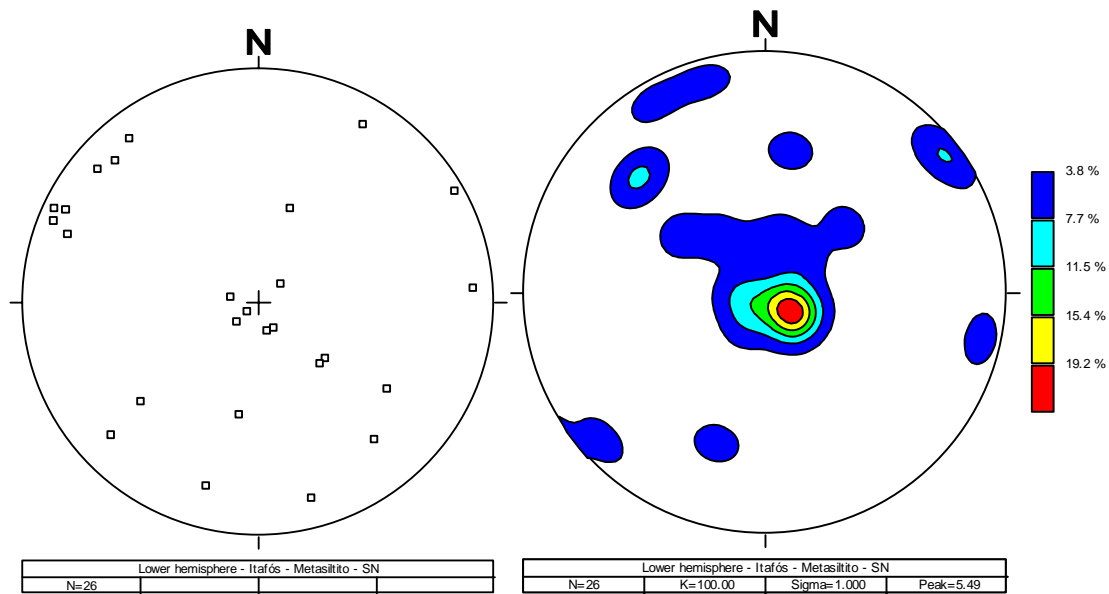


FIGURA 4.2.1.7 - Estereograma de pólos e frequência (hemisfério inferior) referente ao acamamento Sn dos siltitos da Formação Sete Lagoas.

Mineralização

As diversas pequenas ocorrências de fosforitos nas unidades basais da Formação Sete Lagoas na divisa entre os estados de Tocantins e Goiás foram descobertas por pesquisas da METAGO (Metais de Goiás) na década de 70 (METAGO, 1979 *apud* ALVARENGA *et al.*, 2007). Os fosforitos formam lentes, atingindo algumas dezenas de metros de comprimento e cerca de dois metros de espessura, dentro de siltitos e folhelhos. O teor médio do minério de fosforito fica compreendido entre 15 e 17% P₂O₅, com um valor máximo de 22% P₂O₅. O mineral dos fosforitos é a fluorapatita. Essas ocorrências têm sido afetadas pela alteração laterítica que provocou a formação de um minério terroso, marrom friável, com desenvolvimento local de crosta silicosa contendo wavelita (Al₂(PO₄)₂(OH,F)·5H₂O) (ALVARENGA *et al.*, 2007).

Essas ocorrências de fosforitos nos siltitos da base da Formação Sete Lagoas estão sendo investigados em função das facilidades de concentração do minério e da boa solubilidade da apatita, o que permite a utilização do concentrado obtido como fertilizante em natura (ALVARENGA *et al.*, 2007).

Os fosforitos encontrados são (MONTEIRO, 2009):

Fosforitos primários estratificados – são fosfolutitos e fosfarenitos finos acamadados ou laminados com coloração roxa, amarela e bege, com teores de P₂O₅ de 24 a 32% (QUADRO 4.2.1.1).

Fosforito Brechado – formado a partir do retrabalhamento do fosforito primário estratificado, com os quais se encontra interdigitado. São distinguidos intraclastos e clastos centimétricos a decimétricos, subangulosos a subarredondados de fosforitos, siltitos

amarelos e roxos, quartzo e silixitos imersos em matriz colofanítica, chegando a teores de 34% de P_2O_5 (QUADRO 4.2.1.1).

Fosforito pedogênico – são fosforitos em estágio avançado de laterização sobre os fosforitos brechados e estratificados, com teores da ordem de 27% de P_2O_5 (QUADRO 4.2.1.1).

Siltito fosfatado – corresponde ao maior volume de minério fosfático, ocorrem margeando os fosforitos, com teores variáveis de P_2O_5 (QUADRO 4.2.1.1).

QUADRO 4.2.1.1
SÍNTESE DOS TEORES DOS DIVERSOS MINÉRIOS DE FOSFATO
DA REGIÃO DE ARRAIAS

Grupo	Subgrupo	P_2O_5 (%)	CaO (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	FeO_{total} (%)	MnO (%)
Siltito Fosfatado	-	11,49	15,29	63,52	3,42	2,27	0,15
Fosforito Primário Estratificado	Fosforito Laminado	24,28	36,22	27,51	3,37	1,99	0,02
	Fosforito Acamadado	31,98	46,36	13,36	2,06	0,88	0,02
Fosforito Brechado	-	34,13	48,34	8,71	1,30	0,51	0,01
Fosforito Pedogênico	Fosforito laterítico	27,64	40,75	19,44	4,05	1,99	0,06
	Fosforito concrecionário	24,82	32,66	21,49	8,76	2,75	0,35

Fonte: MONTEIRO, 2009.

A ITAFÓS delimitou áreas alvo para sua pesquisa mineral denominando-as: Coité, Cana Brava, Mateus, Juscelino, São Bento e Gaucho (FIGURA 4.1.2.8). Essas áreas foram prospectadas para fosfato e se encontram mineralizadas, prevendo-se a instalação de minas nessas áreas.

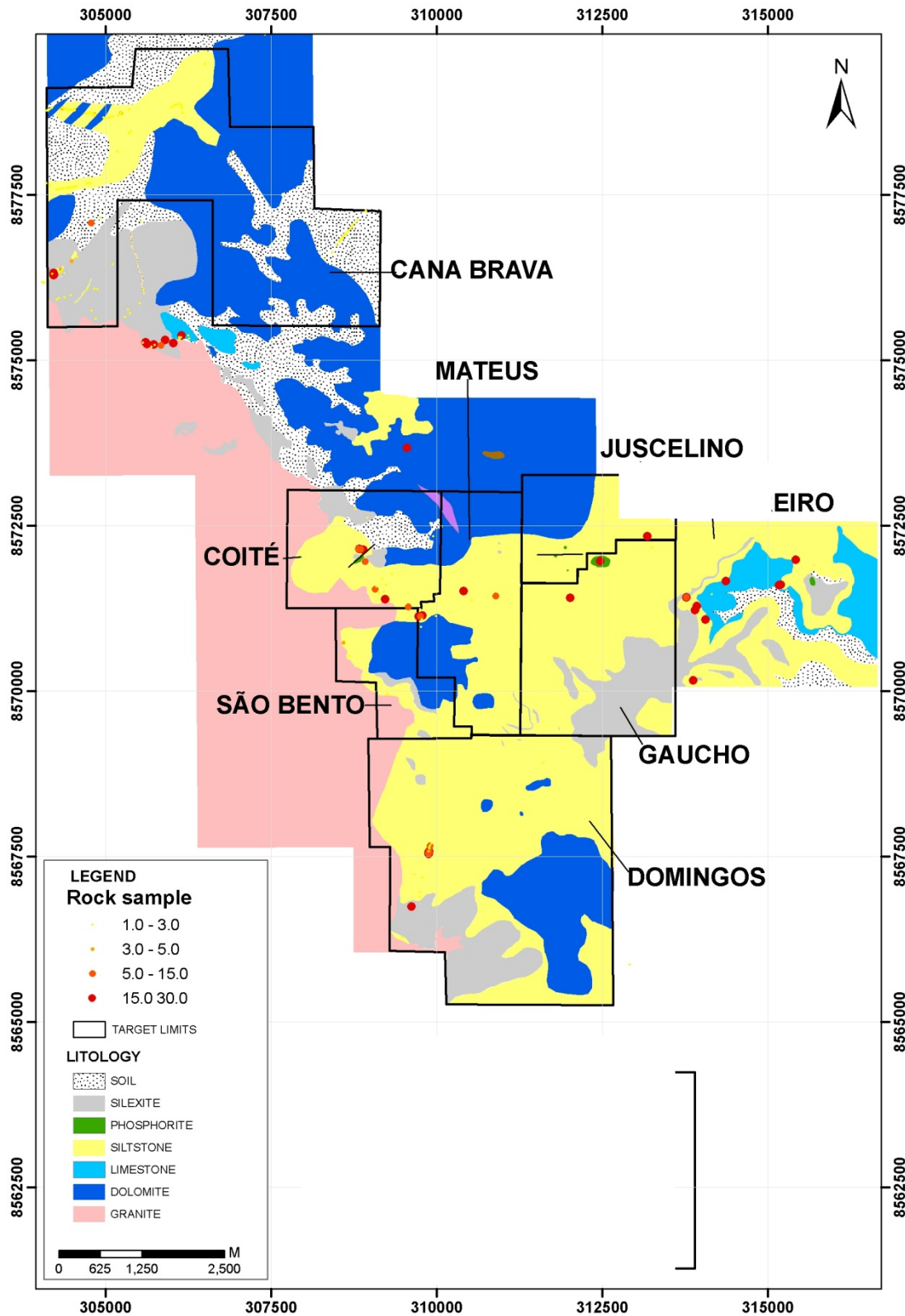


FIGURA 4.2.1.8 - Configuração das áreas de prospecção em mapa geológico simplificado.

Na área alvo do Coité, pode-se observar no mapa geológico simplificado (FIGURA 4.2.1.9) a área mineralizada (em verde) e a localização dos furos de sondagem, a FIGURA 4.2.1.10 mostra a disposição desta configuração em perfil esquemático. Neste local a mineralização consiste em fosforito laterizado e fosforito brechado além de corpos mineralizados com baixo teor de P_2O_5 como silito fosfatado e fosforito laminado.

Nesta área está em funcionamento mina experimental.

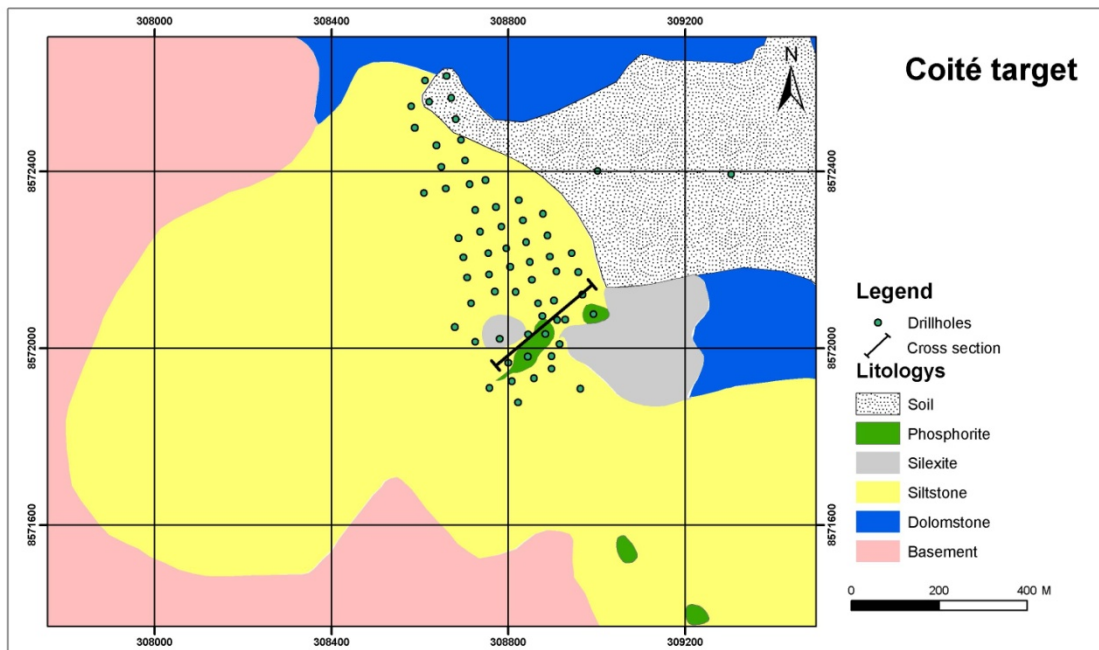


FIGURA 4.2.1.9 - Mapa geológico simplificado da área de Coité.

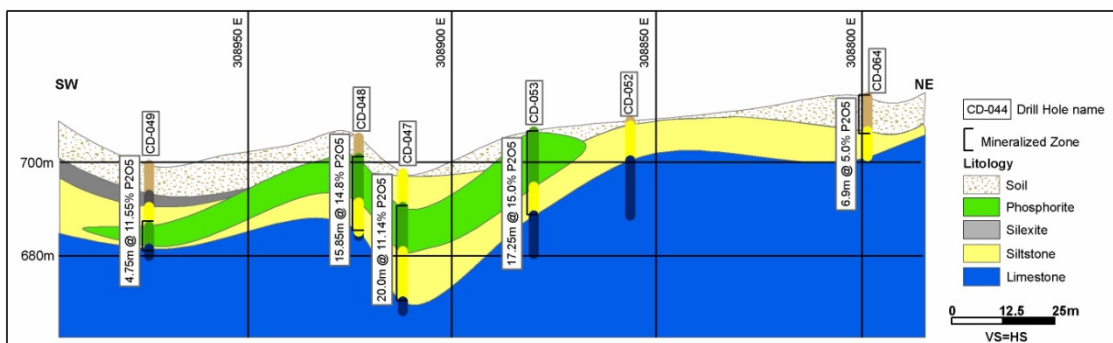


FIGURA 4.2.1.10 - Perfil geológico simplificado da área de Coité.

As áreas alvo de Mateus, Juscelino e Gaucho são apresentadas na FIGURA 4.2.1.11 com a disposição dos furos de sondagem, a localização das mineralizações em planta e as unidades geológicas dispostas de maneira esquemática.

A mineralização entre essas 3 áreas é contínua, com espessura média de 9m, porém, os fosforitos com alta concentração de P_2O_5 se encontram na confluência das 3 áreas com espessura média de 16m.

Os perfis esquemáticos são mostrados nas FIGURAS 4.2.1.12 e 4.2.1.13 com a representação das mineralizações.

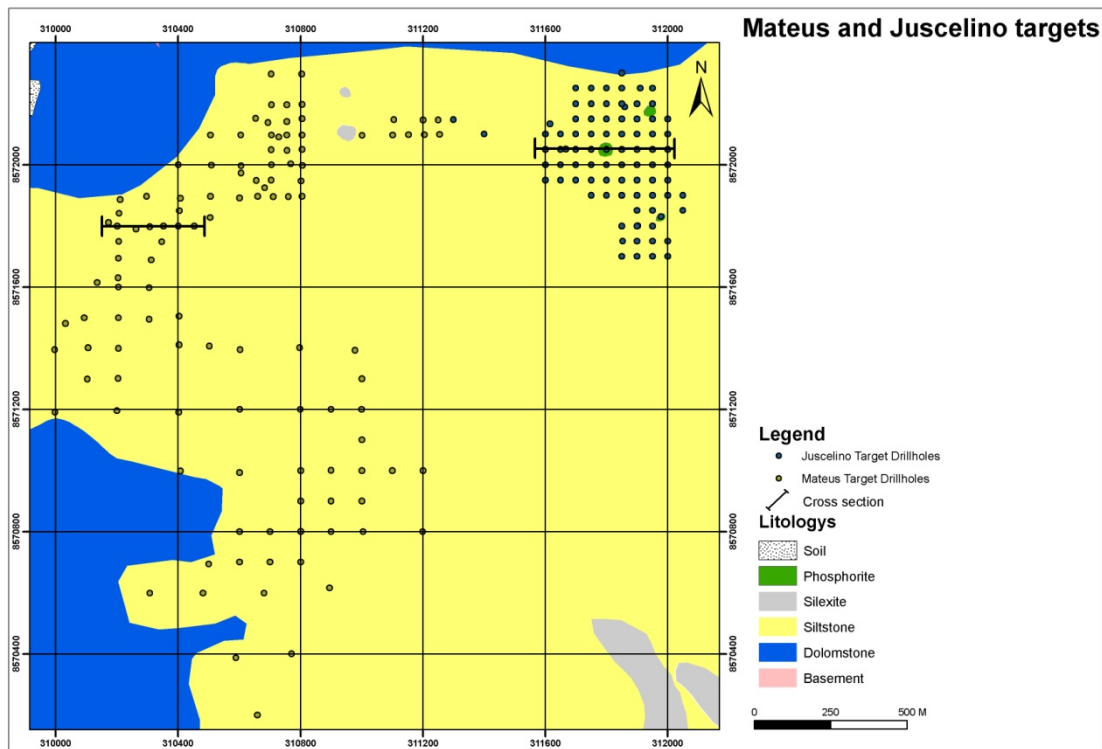


FIGURA 4.2.1.11 - Mapa geológico simplificado das áreas alvo de Mateus e Juscelino.

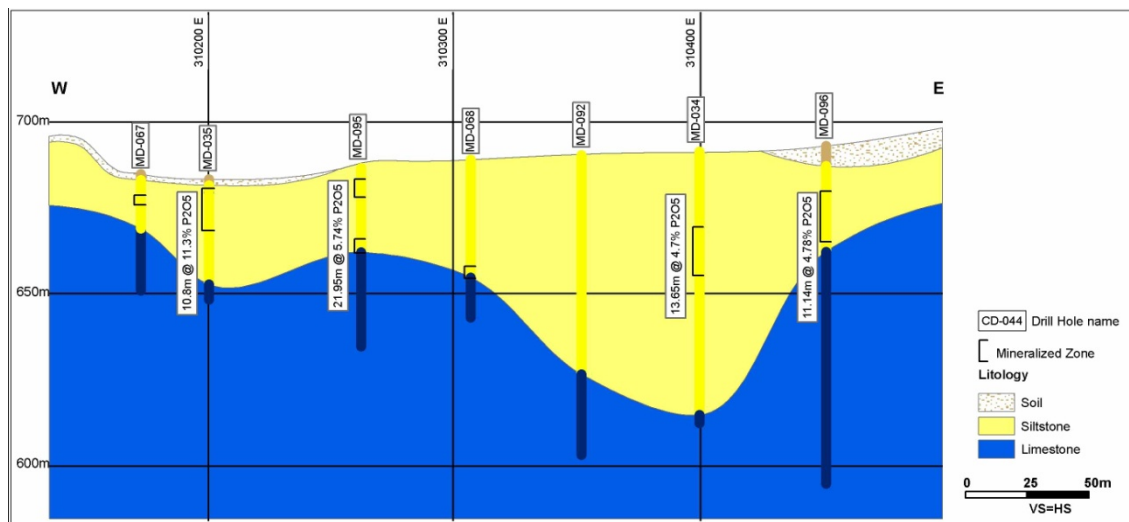


FIGURA 4.2.1.12 - Perfil esquemático da área de Mateus.

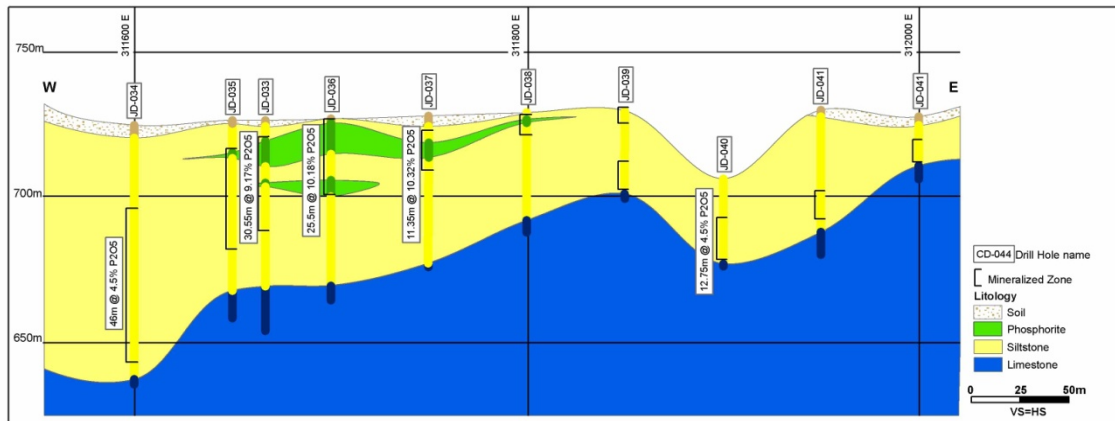


FIGURA 4.2.1.13 - Perfil esquemático da área de Juscelino.

A área São Bento (FIGURA 4.2.1.14) apresenta fosforito brechado com altos teores de P_2O_5 circundados por siltitos fosfatos com baixos teores de P_2O_5 . A área foi parcialmente minerada, aonde pode-se observar o fosforito brechado. A média de espessura do pacote mineralizado é de 6m.

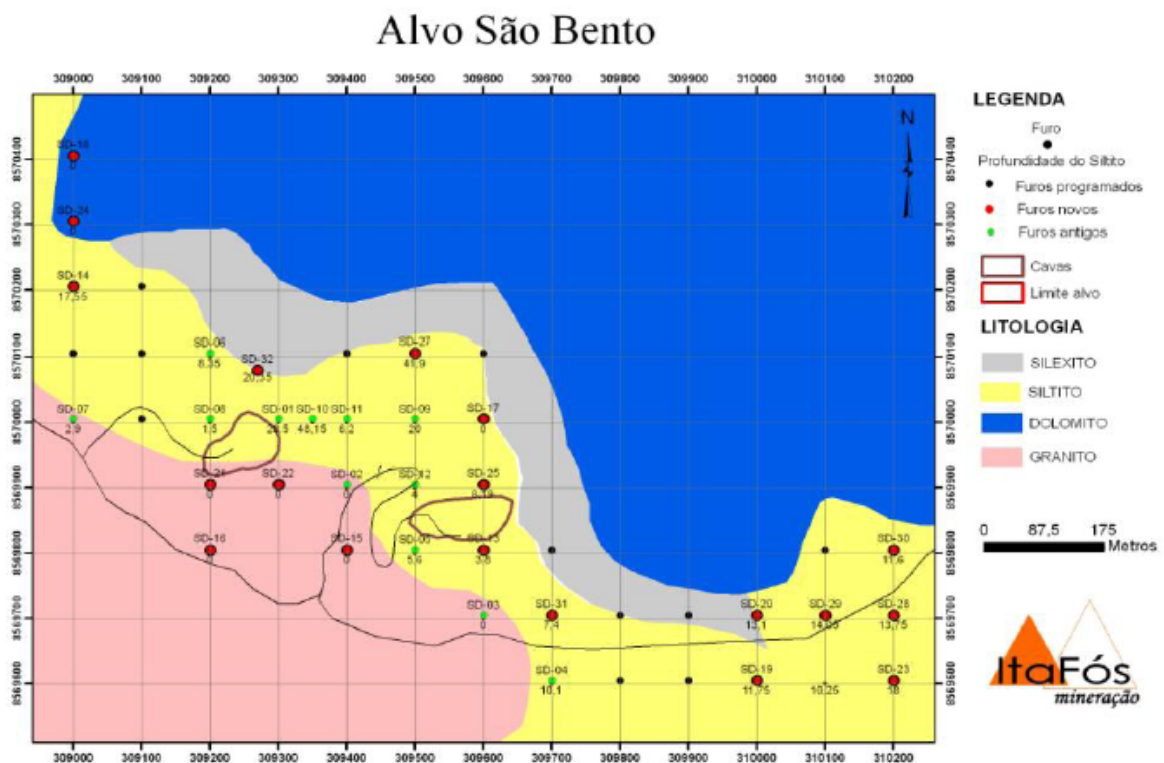


FIGURA 4.2.1.14 - Mapa geológico esquemático da área de São Bento

A área de Cana Brava (FIGURA 4.2.1.15) possui o mesmo contexto geológico da área de Coité, com a mineralização consistindo em fosforito laterizado e fosforito brechado, além de corpos mineralizados com baixo teor de P_2O_5 como siltito fosfatado e fosforito laminado.

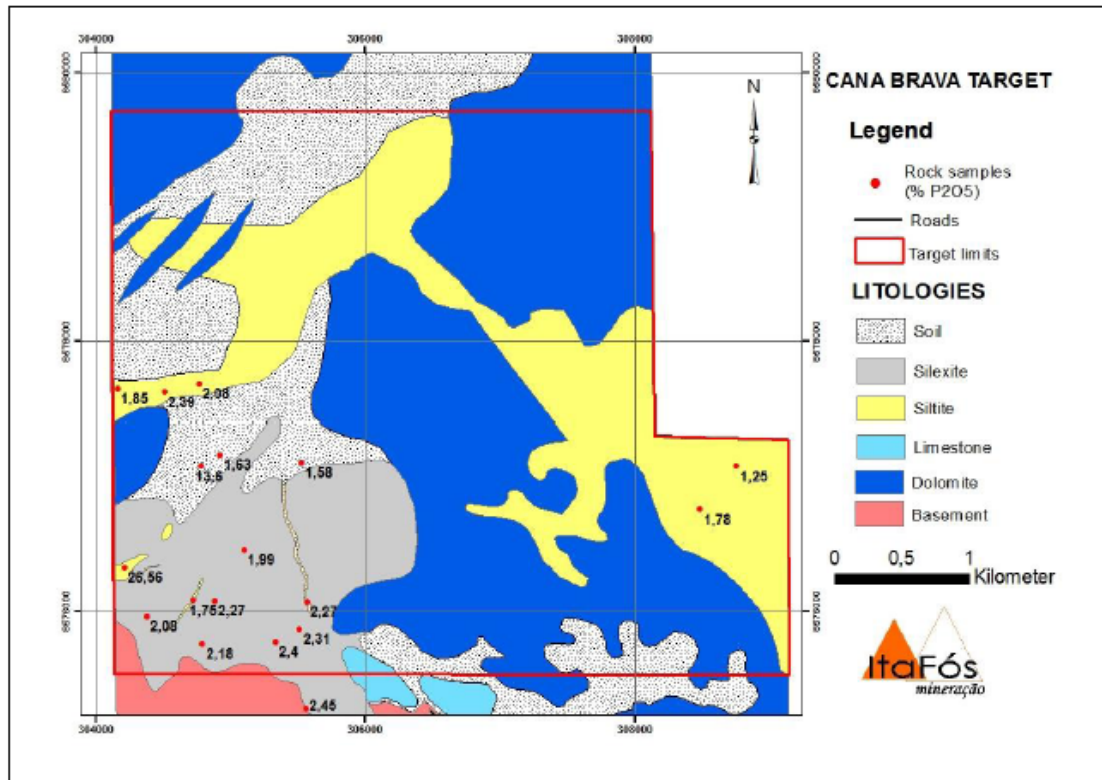


FIGURA 4.2.1.15 - Mapa geológico esquemático da área de Cana Brava.

Pode-se notar nos perfis (FIGURAS 4.2.1.10 e 4.2.1.13) que a mineralização se apresenta a pouca profundidade, de 20 a 30m abaixo da superfície, associadas aos siltitos da Formação Sete Lagoas.

Espeleologia

O diagnóstico das áreas com potencial espeleológico, de acordo com o disposto na Constituição Federal artigo 20, inciso X; Decreto nº 99.556, de 01 de outubro de 1990; Resolução CONAMA nº 237/97, de 19 de dezembro de 1997; Resolução CONAMA nº 347/04, de 13 de setembro de 2004; Portaria IBAMA nº 887/90, de 15 de junho de 1990 e Instrução Normativa nº 100, de 05 de junho de 2006 e Instrução Normativa nº 2 do Ministério do Meio Ambiente, de 20 de agosto de 2009, visam principalmente preservar e conservar o Patrimônio Espeleológico nacional, fomentando levantamentos, estudos e pesquisas que possibilitem ampliar o conhecimento sobre as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.

Metodologia

Foi realizada campanha de campo de geologia, geomorfologia e pedologia entre os dias 18 e 23 de fevereiro de 2010, sendo constatada a presença de algumas cavidades. Entre os dias 02 e 07 de junho de 2010, foi realizada campanha de campo para constatar a existência de cavernas e feições cársticas significativas na área a ser afetada pelo empreendimento.

A metodologia utilizada consistiu no levantamento bibliográfico na biblioteca do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – IGc-USP referente a publicações sobre a geologia e espeleologia das áreas estudadas, e nos sítios da Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE (<http://www.sbe.com.br>) e da Redespeleo Brasil (<http://www.redespeleo.org.br>) que possuem o cadastro de cavernas do Brasil.

O banco de dados do CECAV (Centro Nacional de Estudos, Proteção e Manejo de Cavernas) também foi consultado.

Nos trabalhos de campo foi utilizada a imagem de satélite Worldview-2, com 50 centímetros de resolução, imageada em 28 de março de 2010, disponibilizada pelo empreendedor, a qual possibilitou localizar feições importantes, características de relevo cárstico, direcionando os trabalhos de campo para esses pontos, traçando um caminhamento. Foram também analisadas na imagem as vias de acesso ao empreendimento.

Em campo foram checados os pontos demarcados com ajuda da imagem e mapas geológicos. Em todos os pontos do caminhamento foram coletadas coordenadas geográficas em UTM em GPS Garmin GPSmap 60CSx.

Também foram efetuadas entrevistas com moradores locais com conhecimento regional para identificação de possíveis locais com cavidades.



FOTO 4.2.1.14 - Vistoria espeleológica na área do empreendimento.

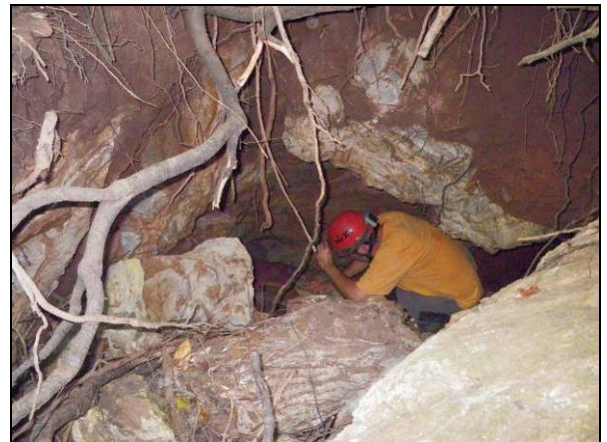


FOTO 4.2.1.15 - Vistoria espeleológica na área do empreendimento.

As cavidades encontradas com projeção horizontal superior a cinco metros foram cadastradas e topografadas pelo método expedito com bússola Suunto Kb-14, clinômetro Suunto PM-05 e trena laser Bosch. O grau de precisão do levantamento topográfico para as cavidades com até 10 metros é o BCRA (British Cave Research Association) 3B e para cavidades com mais 10 metros de projeção horizontal foi usada a precisão BCRA 5D.

Resultados

Parte da área de estudo possui relevo cárstico (Grupo Bambuí), com feições representativas de dolinas, lapiás, caneluras de dissolução, pináculos, torres e arcos de pedra e cavidades.

No caminhamento realizado foram identificadas 11 cavidades com projeção horizontal superior a 5m (cavidades dos pontos 002, 003, 013, 014, 016, 017, 041, 044, 050, 051 e GEO 08).

As cavidades dos pontos 002 e GEO 08 apresentam maior significância por suas dimensões e presença de espeleotemas diversificados e em grande quantidade.

Foram identificadas 2 dolinas aluvionares na área. A dolina do ponto 005 possui um conduto em sua parte inferior que não foi explorado devido à instabilidade de blocos no local. A dolina do ponto 064 não possui condutos. Vale ressaltar que todas as cavidades se desenvolvem na direção contrária ao empreendimento.



FOTO 4.2.1.16 - Espeleotemas do tipo cortina e estalactites no salão de entrada da cavidade do Ponto 002.



FOTO 4.2.1.17 - Entrada da cavidade do Ponto 017.

O relatório completo do Diagnóstico Espeleológico do projeto de exploração e beneficiamento de fosfato no município de Arraias é apresentado no ANEXO 09.

Recursos minerais

Na região do município de Arraias há ocorrência de várias substâncias minerais, destacando minerais não-metálicos industriais; insumos para a agricultura; minerais de uso imediato na construção civil e pedras preciosas.

Algumas dessas ocorrências são evidenciadas por requerimentos de áreas para pesquisa e extração mineral na parte leste do município de Arraias, região das áreas de interesse do presente EIA, no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) nos estados do Tocantins e Goiás, com destaque para a pesquisa e extração do ouro e do fosfato, conforme os processos de requerimentos apresentados no QUADRO 4.2.1.2.

QUADRO 4.2.1.2
PROCESSOS DE REQUERIMENTOS DE ÁREAS PARA A EXTRAÇÃO MINERAL NO
DNPM NA ÁREA DE ESTUDO

Processo	Área (ha)	Fase	Nome	Subs	Uso
864113/2003	1062,56	Requerimento de lavra	ITAFÓS Mineração Ltda	Fosfato	Fertilizantes
864113/2003	420,91	Requerimento de lavra	ITAFÓS Mineração Ltda	Fosfato	Fertilizantes
864113/2003	19,54	Requerimento de lavra	ITAFÓS Mineração Ltda	Fosfato	Fertilizantes
864496/2005	6918,1	Autorização de pesquisa	Bunge Fertilizantes S/A	Fosfato	Fertilizantes
864199/2006	563,04	Autorização de pesquisa	Ultrafertil S A	Fosfato	Fertilizantes
864173/2004	2000	Autorização de pesquisa	ITAFÓS Mineração Ltda	Ouro	Industrial
864174/2004	2000	Autorização de pesquisa	ITAFÓS Mineração Ltda	Ouro	Industrial
864368/2006	1498,5	Autorização de pesquisa	Cia de Min. do Tocantins	Fosfato	Fertilizantes
864175/2004	2000	Autorização de pesquisa	ITAFÓS Mineração Ltda	Ouro	Industrial
864176/2004	1000	Autorização de pesquisa	ITAFÓS Mineração Ltda	Ouro	Industrial
864544/2005	9735,76	Autorização de pesquisa	Ultrafertil S A	Fosfato	Industrial
864198/2006	3390,81	Autorização de pesquisa	Ultrafertil S A	Fosfato	Fertilizantes
864337/2007	8000	Requerimento de pesquisa	Carlos Augusto S. Gomes	Fosfato	Fertilizantes
864050/2008	539,42	Autorização de pesquisa	Francisco Nanziozeno Paiva	Ouro	Industrial
864234/2010	747,03	Requerimento de pesquisa	Fertilizantes Fosfatados S A	Fosfato	Fertilizantes
864234/2010	423,26	Requerimento de pesquisa	Fertilizantes Fosfatados SA	Fosfato	Fertilizantes
864346/2010	48,2	Requerimento de pesquisa	Adriana Márcia L da Silva	Ouro	Industrial
864299/2009	9924,28	Requerimento de pesquisa	Ultrafertil S A	Fosfato	Fertilizantes
864300/2009	9845	Requerimento de pesquisa	Ultrafertil S A	Fosfato	Fertilizantes
864033/2009	1118,55	Autorização de pesquisa	César Augusto de S. Sena	Ouro	Industrial
864190/2009	5396,14	Requerimento de pesquisa	EMS Ltda.	Fosfato	Fertilizantes
864189/2009	4586,38	Requerimento de pesquisa	EMS Ltda.	Fosfato	Fertilizantes
864422/2008	111,96	Autorização de pesquisa	Francisco Nanziozeno Paiva	Ouro	Industrial
864001/2006	50	Disponibilidade	Francisco Nanziozeno Paiva	Areia	Const. Civil
864209/2008	2000	Disponibilidade	Henrique Jorge de O. Pinho	Ouro	Industrial
864253/2008	1845,6	Disponibilidade	Henrique Jorge de O. Pinho	Ouro	Industrial

Fonte: www.dnppm.gov.br (acessado em 26.07.2010)

Analisando-se o quadro acima, constata-se a predominância de processos requeridos para pesquisa de ouro e fosfato. Observa-se, ainda, que a maioria dos processos ainda encontra-se nas fases de requerimento ou de autorização de pesquisa, com exceção de alguns processos que estão em fase de requerimento de lavra ou entraram em disponibilidade.

O fosfato explorado no município de Arraias tem sua extração voltada principalmente para uso no setor agropecuário, como fertilizante para aplicação direta no solo. O ouro explorado na região possui aspectos históricos. Sua exploração é ocorrida desde o período colonial, apesar de hoje ser ainda ocorrente, necessita de maiores investimentos para viabilizar sua exploração.

A areia extraída é comumente explorada na região visando o uso imediato na construção civil. Apesar de presente entre os processos de requerimento de pesquisa no DNPM, a extração da areia na região ocorre em alguns casos de forma ilegal.

O QUADRO 4.2.1.3 apresenta os processos minerários requeridos no DNPM que serão afetados diretamente pelas estruturas a serem implantadas pelo PROJETO ARRAIAS, como as barragens de rejeito, captação e contenção, as áreas de lavra, o complexo industrial e o aterro sanitário.

QUADRO 4.2.1.3
PROCESSOS DE REQUERIMENTOS DE ÁREAS PARA A EXTRAÇÃO MINERAL NO
DNPM NA ADA

Estrutura	Processo	Nome	SUBS	Área (ha)
Barragem de Rejeito	864050/2008	Francisco Nanziozeno Paiva	Ouro	539,42
	864209/2008	Henrique Jorge De Oliveira Pinho	Ouro	2000
	864234/2010	Fertilizantes Fosfatados S A	Fosfato	423,26
Barragem de Captação	864199/2006	Ultrafertil S A	Fosfato	563,04
	864050/2008	Francisco Nanziozeno Paiva	Ouro	539,42
	864300/2009	Ultrafertil S A	Fosfato	9845
Barragem de Contenção	864175/2004	ITAFÓS Mineração Ltda	Ouro	2000
	864199/2006	Ultrafertil S A	Fosfato	563,04
Áreas de Lavras	864113/2003	ITAFÓS Mineração Ltda	Fosfato	1062,56
	864174/2004	ITAFÓS Mineração Ltda	Ouro	2000
	864175/2004	ITAFÓS Mineração Ltda	Ouro	2000
	864176/2004	ITAFÓS Mineração Ltda	Ouro	1000
	864173/2004	Ultrafertil S A	Ouro	2000
Complexo Industrial	864113/2003	ITAFÓS Mineração Ltda	Fosfato	1062,56
Aterro Sanitário	864175/2004	ITAFÓS Mineração Ltda	Ouro	2000

Fonte: www.dnpm.gov.br (acessado em 26.07.2010)

Vale ressaltar, a partir dos dados apresentados no quadro acima, que a maior parte das estruturas a serem implantadas pelo PROJETO ARRAIAS está abrangida pelos processos de exploração mineral requeridos pelo empreendimento em questão junto ao DNPM.

Cabe ainda mencionar que quando ocorre a sobreposição ou choque dos processos de requerimento numa mesma área, prevalecem os processos mais antigos sobre os mais atuais.

No desenho ilustrado na FIGURA 4.2.1.15 é apresentado os respectivos locais dos processos de requerimentos de pesquisa e extração mineral nas proximidades da área em estudo.

FIGURA 4.2.1.16 – Mapa com os processos minerários da área em estudo requeridos no DNPM.

Ainda, a saber, para a exploração de determinada substância mineral, qualquer pessoa, física ou jurídica, deve atender a uma série de requisitos até obter a autorização final da concessão de lavra pelo DNPM. As áreas a serem exploradas são enquadradas, no DNPM, em duas linhas principais, a saber: pesquisa ou licenciamento. As substâncias minerais enquadradas na primeira linha referem-se àquelas que não possuem uso imediato na construção civil, tais como os elementos metálicos (ouro, prata, zinco, cobre, etc.) e o carvão. Para tais substâncias, o encaminhamento do Requerimento de Pesquisa e a obtenção do Alvará de Pesquisa e da Concessão de Lavra são fases obrigatórias para efetuar a exploração. O Reconhecimento Geológico não é etapa obrigatória para o encaminhamento das demais fases, sendo, entretanto, necessário para o adequado encaminhamento do processo, uma vez que as informações obtidas nesta etapa de trabalho são requisitadas posteriormente, no andamento do processo.

Cabe destacar ainda que, a autorização final para a lavra só é concedida a partir da aprovação de todo o processo, em nível federal.

Todas as substâncias que possuem uso imediato na construção civil são enquadradas, no DNPM, na linha licenciamento. Para estas substâncias, o procedimento é diferenciado, com encaminhamento e aprovação final do processo em nível estadual, iniciando-se pelo requerimento de licenciamento até a obtenção do Registro de Licenciamento.

Em relação aos proprietários dos imóveis impactados pelas barragens serão efetuadas negociações, após atestada pelo NATURATINS a viabilidade ambiental do empreendimento, para aquisição destes imóveis. No caso de não concretização da negociação serão solicitadas as devidas servidões perante a Superintendência de Palmas do DNPM. O mesmo se dará em relação aos títulos minerários de terceiros que oneram as áreas previstas para a implantação das barragens, conforme apresentado na FIGURA 4.2.1.16.

4.2.2. Hidrogeologia

Considerando-se o levantamento das informações coletadas a partir das atividades de campo, apresenta-se inicialmente, sob o ponto de vista das observações realizadas *in loco*, e em conjunto às informações obtidas nos diversos documentos temáticos pertinentes à descrição da região.

Cumprе salientar que do ponto de vista hidrogeológico, assume-se como limite natural das zonas de contribuição dos aquíferos os mesmos limites considerados como divisores naturais ou interflúvios das bacias hidrográficas. O aquífero cárstico pode ultrapassar os limites naturais de divisores de bacias hidrográficas.

O regime hídrico subterrâneo está condicionado pelo tipo de rocha existente, em termos de seus atributos hidráulicos e de sua relação com o arcabouço geológico estrutural que é determinado pelas características locais de deformação e metamorfismo. Desse modo, apresenta-se a seguir, a caracterização dos principais atributos hidrogeológicos existentes nas áreas de implantação do projeto da ITAFÓS e sua área de Influência Direta.

Os sistemas aquíferos identificados são descritos a seguir:

Sistema Aquífero Cristalino da Suíte Aurumina:

Esse aquífero é constituído, na área, por granitos e tonalitos predominantemente leucocráticos, localmente milonitizados com área de abrangência na porção oeste da área (FIGURA 4.2.2.1), local de projeto de implantação de barragens pela ITAFÓS.

Os aquíferos cristalinos constituem-se pelas zonas dos mantos de alteração superficial poroso, e pelas zonas fraturadas em profundidade. Distribuem-se regionalmente na forma do manto poroso, apresentando vazões baixas voltadas ao atendimento de demandas domésticas através de poços tipo cisternas, com profundidades máximas de 10 m.

São aquíferos fortemente anisotrópicos, livres, de potencial restrito, limitados às zonas de fraturas e aproveitados por poços tubulares que variam de 100 a 160 metros de profundidade. A condutividade hidráulica média é de $1,6 \times 10^{-6}$ m/s, enquanto a transmissividade é de $1,8 \times 10^{-4}$ m²/s (RIALMA, 2008).

Segundo Almeida et al. (2006 apud RIALMA 2008) as vazões médias são da ordem de 7500 L/h, com máxima de 20.000 L/h e capacidade específica de 0,664 m³/h/m.

As áreas de recarga deste aquífero estão a leste, constituindo áreas de afloramento da Formação Arai e do Grupo Bambuí, drenando a água para as regiões de solos e granitos expostos, infiltrando no fraturamento vertical.

As principais drenagens perenes correm sobre áreas da Suíte Aurumina, o córrego Poção e o rio Bezerra.

Sistema Aquífero Fraturado Araí

O Aquífero Araí é constituído na área por metaconglomerados polimíticos, matriz suportados, possuindo seixos centimétricos a decimétricos de granito em matriz arenosa, com grau de arredondamento subanguloso da Formação Arraias.

A área de afloramento dos metaconglomerados é no oeste da área, em contato com a Suíte Aurimina a oeste e o Grupo Bambuí a leste. O córrego Salobro do São Bento percorre parte de seu caminho até sua foz no córrego Poção sobre metaconglomerados.

O Sistema Aquífero Araí é controlado pelo fraturamento das rochas, que regula tanto as áreas de recarga do aquífero como as suas nascentes. Os parâmetros físicos deste subsistema, como condutividade e transmissividade são altas, enquanto o armazenamento é mais baixo. Em termos de potencial quantitativo estima-se, por analogia com sistemas similares (ex. Subsistema R3/Q3 do Sistema Paranoá), que o esse aquífero tenha excelente produtividade e vazões específicas moderadas (RIALMA, 2008).

Dados de vazão obtidos de uma população de nove poços (banco de dados do estado de Goiás, disponibilizado em meio analógico e digital – “Hidrogeologia do Estado de Goiás”, Almeida et al. 2006 apud RIALMA 2008) indicam valores médios de vazão de 9 m³/h, com máximo de 19 e mínimo de 5 m³/h.

Sistema Aquífero Cárstico Bambuí

O sistema aquífero gerado pelo Grupo Bambuí é representado na área pela Formação Sete Lagoas (FIGURA 4.2.2.1), constituída por margas, siltitos maciços, siltitos laminados, siltitos calcíferos e siltitos fosfatados na unidade basal. Calcários laminados a bandados e calcários argilosos de coloração cinza. Dolomitos que formam extensos paredões e relevo ruiforme, se sobrepondo aos siltitos ao longo da direção NNW-SSE acompanhando o embasamento granítico (MONTEIRO, 2009).

Possui extensa área de ocorrência ocupando a maior parte da área a leste do embasamento granítico, o siltito aflora nas regiões mais baixas e planas, enquanto os dolomitos formam morrotes isolados e serras.

O aquífero gerado sobre o Grupo Bambuí é o cárstico com presença de extensas zonas sem correntes de águas superficiais, ocorrência de depressões, mais ou menos grandes, cuja drenagem é subterrânea, existência de cavidades (condutos, fraturamento e cavernas) pelas quais circulam correntes de água subterrâneas.

As propriedades físicas e hidrodinâmicas desse tipo de aquífero são variadas, denotando pequeno valor de escoamento superficial, complexa circulação de águas subterrâneas tanto nas zonas saturadas como acima da superfície potenciométrica do aquífero, grande rapidez da infiltração das chuvas e outras águas superficiais, e anomalias na direção do fluxo de água com relação ao gradiente potenciométrico regional.

Ocorrem na área feições típicas de superfície de sistemas cársticos, como dolinas e cavernas, sendo áreas de recarga do sistema. Tanto as dolinas como as cavernas e condutos, captam água de uma micro-bacia, abastecendo o aquífero.

Os condutos das cavernas no geral obedecem ao controle estrutural do fraturamento local nas direções N40E e N50W, propiciando o fluxo subterrâneo.

O Grupo Bambuí possui outras ocorrências na área pela Formação Serra de Santa Helena (FIGURA 4.2.2.1), constituída por siltitos silicificados, se apresentando como uma unidade anisotrópica devido a baixa porosidade primária da rocha. Essa unidade constitui morraria alongada na porção leste da área.

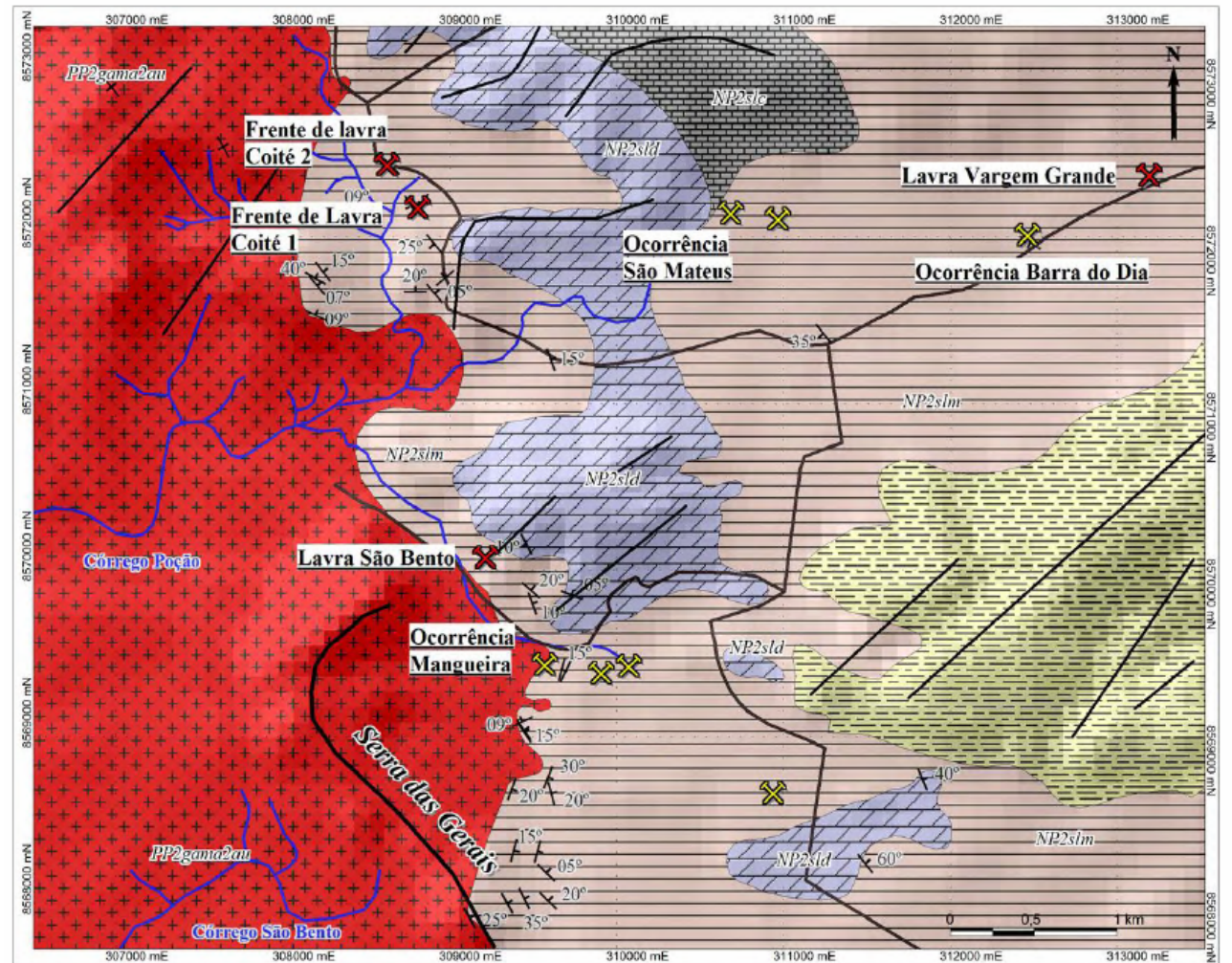
Sistema Aquífero Freático

Esse Sistema compõe aquíferos do tipo intergranulares, contínuos, livres, de grande extensão lateral, com importância hidrogeológica elevada, principalmente quanto aos aspectos de recarga dos reservatórios mais profundos, sobre o aquífero cárstico e de regularização das vazões da rede de drenagem superficial, sobre os aquíferos fraturados.

Esse sistema aquífero raso é representado por solos autóctones variados de cambissolos a latossolos e argissolos, com “stone line”, gerados principalmente pela alternância de períodos de chuvas torrenciais e períodos secos. Apresentam espessuras variáveis desde 2 metros até cerca de 5 metros.

Os valores da condutividade hidráulica variam, na superfície, na ordem de grandeza de 10^{-7} a 10^{-4} m/s, e em profundidade, de 10^{-9} a 10^{-4} m/s, sendo os valores médios de $3,3 \times 10^{-5}$ m/s em superfície, e $4,0 \times 10^{-6}$ m/s em profundidade. Estes valores são aplicáveis a latossolos com porosidade total superior a 20% e a porosidade efetiva estimada entre 7 a 9% em função da variação textural (RIALMA, 2008).

Este sistema aquífero funciona basicamente como um meio filtrante à percolação de água a outros aquíferos, principalmente ao aquífero freático, visto a escassa rede de drenagens superficial perenes.



NEOPROTEROZÓICO

Formação Sete Lagoas - Grupo Bambuí

- Siltitos: laminados, em geral alterados com coloração rosada, amarelada e arroxeada. Ocorrem lentes de rochas carbonáticas e apresenta interdigitação com fosforitos.
- Calcários: laminados de cor cinza. Às vezes argilosos.
- Dolomitos: laminados, de cor cinza e roxa. Geralmente silicificado. Ocorrem dolarenitos, dolorruditos e dolomitos maciços.

Formação Serra de Santa Helena - Grupo Bambuí

- Siltitos: geralmente alterados com coloração rosada e amarelada. Apresentam-se intensamente silicificados.

PALEOPROTEROZÓICO

- Suíte Aurumina

SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

- Frontes de lavra de fosfato ou lavras concluídas
- Ocorrências de fosforitos/rochas fosfatadas
- Acamamento sedimentar
- Foliação sub-vertical
- Lineamentos estruturais (retirados de imagem SRTM)
- Contatos litológicos aproximados

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Estradas não pavimentadas
- Drenagens

FIGURA 4.2.2.1 - Mapa Geológico Simplificado da Área do PROJETO ARRAIAS (MONTEIRO, 2009)

O levantamento de poços tubulares profundo existentes na área foi realizado através do banco de dados da CPRM (Serviço Geológico do Brasil) denominado SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - <http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/indice.asp?w=1280&h=768&info=1>).

Foram encontrados 16 poços tubulares cadastrados pelo SIAGAS no município de Arraias - TO, porém, nenhum deles se encontra dentro da área delimitada para o projeto da ITAFÓS.

Não foram encontrados poços tubulares profundos na área para análise físico-química e bacteriológica da água.

Os dados com os níveis d'água dos furos de sondagem realizados pela ITAFÓS estão disponíveis na QUADRO 4.2.2.1. Os dados correspondem a furos que atravessaram o siltito e encontraram água no aquífero cárstico.

QUADRO 4.2.2.1
NÍVEL D'ÁGUA EM FUROS DE SONDAEM REALIZADOS PELA ITAFÓS

Furo	E_UTM	N_UTM	Altitude (m)	Nível d'Água (m)	Sistema Aquífero Bambuí
CABR-RC-0034	304813,160	8577690,317	590,926	50,00	39,00
CABR-RC-0035	305022,847	8577730,854	583,355	40,00	29,00
CABR-RC-0036	305207,055	8576202,694	634,812	50,00	48,00
CABR-RC-0041	306404,903	8575406,576	665,498	37,00	23,00
CABR-RC-0045	308215,813	8573408,436	707,102	41,00	28,00
CABR-RC-0046	305399,849	8576500,339	600,596	50,00	24,00
CABR-RC-0047	305403,756	8576700,243	588,620	40,00	27,00
CABR-RC-0048	305403,045	8576899,146	583,570	34,00	34,00
CABR-RC-0049	305402,985	8576595,667	596,068	40,00	34,00
CABR-RC-0073	305098,821	8577187,543	587,167	50,00	38,00
CABR-RC-0079	305202,682	8577099,260	586,096	50,00	28,00
CABR-RC-0080	304904,462	8577002,821	590,419	50,00	22,00
CABR-RC-0082	305302,986	8577017,178	580,667	50,00	30,00
CABR-RC-0084	304804,694	8576900,567	592,228	50,00	26,00
CABR-RC-0085	305103,726	8576908,446	587,293	37,00	17,00
CABR-RC-0086	305204,939	8576897,017	584,581	50,00	34,00
CABR-RC-0087	305304,926	8576900,453	584,404	50,00	29,00
CABR-RC-0088	305402,910	8576998,995	582,038	42,00	22,00
CABR-RC-0091	305301,917	8576801,013	590,001	37,00	24,00
CABR-RC-0096	305203,202	8576699,584	600,818	45,00	36,00
CABR-RC-0097	305301,464	8576696,666	608,142	43,00	35,00
CABR-RC-0111	304600,000	8576300,000	0,000	50,00	48,00
CABR-RC-0122	305300,976	8576201,819	627,933	50,00	40,00
CABR-RC-0123	304700,000	8576100,000	0,000	49,00	43,00
CABR-RC-0151	304600,000	8576900,000	0,000	50,00	45,00
CABR-RC-0152	304700,000	8577000,000	0,000	50,00	48,00

Foram realizadas duas campanhas observando pontos d'água, a primeira em fevereiro de 2010 e a segunda em junho de 2010 constatando o mesmo resultado, o único ponto de água encontrado dentro da área está localizado nas coordenadas UTM 23L 307.059mE/ 8.571.434mN (Datum SAD 69), como nascente de um dos afluentes do córrego do Poço.

Foram observados diversos canais fluviais secos como das FOTOS 4.2.2.1 e 4.2.2.2, devido a presença de carbonatos gerando aquífero cárstico, as drenagens sobre a Formação Sete Lagoas só possuem água quando há precipitação, gerando um rede de drenagem intermitente, após a chuva há a infiltração rápida da água por fraturas para o aquífero.

Como as zonas de siltitos são normalmente pediplanizadas, em épocas de muita chuva há o acúmulo de água nessas áreas formando grandes lagoas ou charcos, que vão secando à medida que a água infiltra no sistema cárstico por fraturas ou cavidades.



FOTO 4.2.2.1 - Canal fluvial seco nas coordenadas UTM 23L 310.226mE/ 8.570.568mN (Datum SAD69).

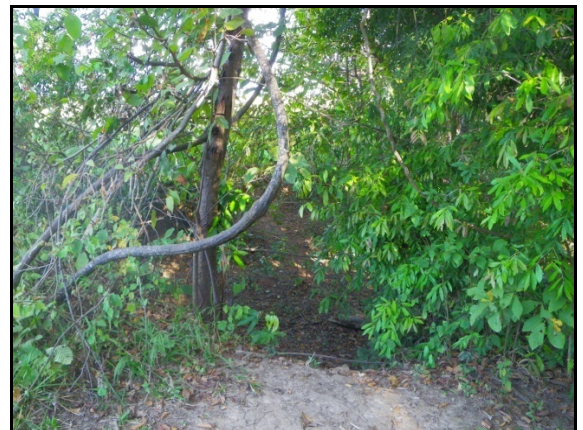


FOTO 4.2.2.2 - Canal fluvial seco nas coordenadas UTM 23L 304.134mE/ 8.576.809mN (Datum SAD69).

A FIGURA 4.2.2.2. mostra relação entre o silito, o calcário e o solo. A camada de solo é normalmente de pequena espessura sobre o silito e o calcário na base do perfil. A direção de fluxo se dá predominantemente pelo sistema de fraturamento, já que as cavidades obedecem este padrão de desenvolvimento em duas direções preferenciais: N40E e N50W. Assim só existe o aquífero livre ou freático nas épocas de chuva intensa.

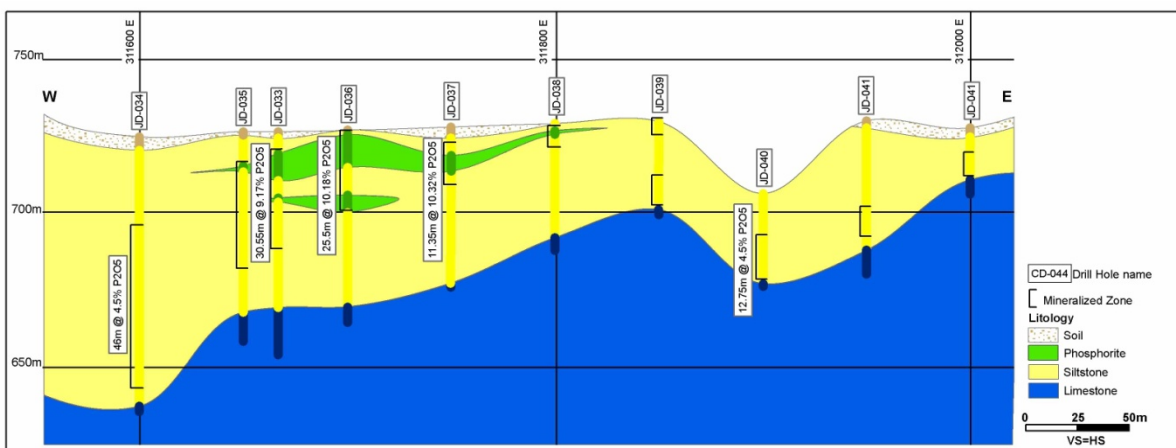


FIGURA 4.2.2.2 - Perfil da Formação Sete Lagoas com a cobertura de solo.

Os cursos d'água observados como perenes foram os córregos Poção e Salobro do São Bento (FOTO 4.2.2.3) e o rio Bezerra (FOTO 4.2.2.4), que possuem seu curso sobre rochas da Suíte Aurumina e da Formação Araí. Outros afluentes do rio Bezerra e do córrego do Poção que possuem curso sobre os granitos também se configuram em drenagens perenes.



FOTO 4.2.2.3 - Córrego Salobro do São Bento em fevereiro de 2010 nas coordenadas UTM 23L 308.749mE/ 8.570.392mN (Datum SAD69).



FOTO 4.2.2.4 - Rio Bezerra em fevereiro de 2010 nas coordenadas UTM 23L 304.022mE/ 8.569.192mN (Datum SAD69).

✓ **Avaliação de Vulnerabilidades dos Aquíferos**

Do ponto de vista ambiental, diante do contexto hidrogeológico apresentado, o objetivo principal é identificar os distintos domínios de vulnerabilidade natural dos aquíferos a partir das configurações que podem ser obtidas aplicando-se a metodologia (G.O.D.), que consiste na avaliação baseada em dados pré-existentes, da vulnerabilidade natural dos aquíferos e da carga poluidora de superfície, cuja interação entre ambos, resulta na caracterização preliminar das áreas de risco à contaminação, conforme proposição de Foster & Hirata (1993).

A análise da vulnerabilidade natural ocorreu a partir da verificação de três parâmetros básicos: (a) Grau de confinamento hidráulico, ou seja, condição de ocorrência das águas subterrâneas, (b) Ocorrência do substrato litológico (c) Distância da água, ou seja, profundidade do nível freático. Para cada um destes parâmetros foram atribuídos valores pré-estabelecidos no modelo, que variam em escala de 0 a 1.

Para obter o Índice de vulnerabilidade natural dos aquíferos multiplicam-se os valores do Grau de confinamento hidráulico, com a Ocorrência do substrato litológico e da Distância do nível da água subterrânea. Os resultados correspondem as Classes de vulnerabilidade natural (Desprezível ou Insignificante, Baixo, Médio, Alto e Extremo) que o meio aquífero apresenta ao ser adversamente afetado por uma carga contaminante.

Desse modo, tendo-se observado os diferentes tipos litológicos existentes e sua distribuição espacial, apresenta-se no QUADRO 4.2.2.2, as relações entre os parâmetros de interesse na análise, conforme (FOSTER & HIRATA, 1993).

QUADRO 4.2.2.2
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS.

Grupo / Formação	Tipos litológicos	Parâmetros indicadores dos Graus de Vulnerabilidade dos aquíferos (Valor GOD)			Resultados dos produtos/Classificação	
		Tipo de aquífero	Litologia	Profundidade do nível d'água	Produto (valores)	Vulnerabilidade
Suíte Aurumina	Granitos e tonalitos	0,7	0,5	0,5	0,175	Baixa
Grupo Araí (Fm. Arraias)	Metaconglomerados	0,7	0,8	0,7	0,392	Moderada
Grupo Bambuí	Fm. Sete Lagoas	1	1	09	0,9	Alta
	Fm. Serra de Santa Helena	0,7	0,8	0,7	0,392	Moderada

Cumprе salientar que os índices adotados com base na metodologia GOD de Foster & Hirata (1993), apresentados no QUADRO 4.2.2.2, levam em consideração, além da tipologia aquífera local, os tipos de produtos esperados quanto à constituição do manto de alteração, se mais argiloso ou arenoso, e a profundidade do nível d'água que, neste caso, reflete uma aproximação de valores esperados perante seu posicionamento no cenário geomorfológico local.

Conforme os tipos de rocha descritos anteriormente, não existem tipologias aquíferas, área, cujos fluxos ocorram em meio poroso, apenas os materiais de cobertura provenientes do intemperismo das rochas, na forma de solos residuais, podem promover a existência de aquíferos porosos temporários. Todos os demais tipos de rocha correspondem aos sistemas aquíferos, cuja dinâmica de fluxos se dá por meio de porosidades secundárias, ou seja, através da circulação da água subterrânea em fratura, fissuras e cavidades.

Os domínios relacionados à vulnerabilidade alta equivalem basicamente a toda a área ocupada pela Formação Sete Lagoas, em face do predomínio de ambientes aquíferos com elevada transmissividade e condutividade hidráulica, em geral, além dos locais ocupados por zonas de recarga.

Dentre os domínios cuja vulnerabilidade se apresentou como moderada, destacam-se aqueles embutidos nas Formações Araí e Serra de Santa Helena, face à litologia podendo atuar em locais de baixo metamorfismo, no caso dos metaconglomerados ou baixa silicificação, no caso dos siltitos, como meio poroso.

4.2.3. Hidrologia e qualidade das águas superficiais e subterrâneas

De acordo com a classificação da Agência Nacional de Águas (ANA) para as grandes bacias hidrográficas brasileiras, o município de Arraias encontra-se inserido na bacia hidrográfica Araguaia – Tocantins, sendo predominantemente na bacia do Tocantins.

O sistema hidrográfico do rio Tocantins é composto por 13 sub-bacias: Bacia do Rio Santa Tereza; Bacia do Rio Paranã; Bacia do Rio Palma; Bacia do Rio Manuel Alves da Natividade; Bacia do Rio São Valério; Bacia do Rio Santo Antônio; Bacia do Rio Crixás; Bacia do Rio das Balsas; Bacia do Rio Sono; Bacia do Rio dos Mangues; Bacia do Rio Perdida; Bacia do Rio Manuel Alves Pequeno e Bacia do Rio Manuel Alves Grande. A inserção do município de Arraias na bacia do Tocantins ocorre, em termos de sub-bacias hidrográficas, sendo elas a do rio Palma e do Rio Bezerra, inseridas na bacia do rio Paranã.

A bacia do rio Palma é caracterizada por ocupar cerca de 6,1% da área do Estado do Tocantins, com 17.055,02 Km² (TOCANTINS, 2008). A bacia limita-se a norte com a bacia do rio Manuel Alves da Natividade, a oeste com a bacia do rio São Valério e com a bacia do rio Paranã, a sul e leste.

Ocupando uma área de 8.175,5 km², equivalente a aproximadamente 2,9% do território estadual como relatado no Atlas do Tocantins (TOCANTINS, 2008), a bacia do rio Paranã limita-se a norte com a bacia do rio Palma e do rio São Valério, a leste com a também bacia do rio Palma e a oeste com a bacia do rio Tocantins.

A região sudeste de Tocantins é conhecida por ser uma das regiões mais “secas” do estado em função do comportamento climático, conforme apresentado no Capítulo 4.2.6 deste EIA. Apesar de possuir este comportamento, a região sob influência das sub-bacias do rio Palma e do rio Paranã apresenta potencial para o aproveitamento de energia proveniente de hidrelétricas, parte já em operação, conforme apresentado abaixo:

- Bacia do Rio Paranã: UHE São Domingos e São Salvador;
- Bacia do Rio Palma: UHE Areia, UHE Diacal, UHE Agrotrafo, UHE Sobrado, UHE Taguatinga, UHE Ponta Alta, UHE Caetana, UHE Boa Sorte, UHE Água Limpa, UHE Lagoa Grande, UHE Riacho Preto, UHE Palmeiras;

A área de estudo para o futuro empreendimento objeto do presente EIA é caracterizada pela presença de dois dos principais corpos hídricos da região do município de Arraias, o rio Bezerra e o córrego Poção, ambos inseridos na sub-bacia hidrográfica do rio Paranã. Na área de estudo há também outros corpos hídricos presentes, como o ribeirão Cachoeira, córrego Gameleira, córrego Tiúba, córrego Bom sucesso, entre outros com características perenes e intermitentes, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Palma.

✓ Aspectos Quantitativos

Para grande número de aplicações (navegação, potências disponíveis, inundações, etc.) é necessário um conhecimento detalhado dos níveis de água e das vazões de determinadas

seção; daí o surgimento das estações fluviométricas que monitoram os rios visando o desenvolvimento de estudos hidrológicos para auxiliar na gestão dos recursos hídricos.

São identificadas 13 (treze) estações fluviométricas localizadas na bacia do rio Tocantins, no entorno do empreendimento, estando a até 100 km de distância da área em estudo.

Das 13 (treze) estações fluviométricas, apenas 4 (quatro) encontram-se operantes e com disponibilidade de série histórica de vazões com mais de 20 (vinte) anos conforme apresentado no QUADRO 4.2.3.1. Entretanto, as séries de vazões são registradas até o ano de 2006, estando completos os dados referentes aos 12 (doze) meses do ano apenas até 2005.

Os dados de vazão das séries históricas são utilizados pelos órgãos gestores dos recursos hídricos para o estabelecimento das chamadas vazões de referência, que se caracterizam por possibilitar a determinação dos limites de vazões de retirada outorgadas para atendimento dos usos múltiplos da água de um corpo hídrico. Assim, a utilização de séries históricas incompletas pode levar a uma definição equivocada destes limites e provocar a exaustão do manancial ou subutilizar uma fonte disponível de água de qualidade.

QUADRO 4.2.3.1

ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS IDENTIFICADAS PRÓXIMO A ÁREA EM ESTUDO

ESTAÇÃO	CURSO DE ÁGUA	SÉRIE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)
UHE Mosquito	Rio Mosquito	-	12°57'10"	46°22'16"
Fazenda Veneza	Rio São Domingos	1976-2006	13°29'55"	46°46'49"
Ponte Paranã	Rio Paranã	1969-2006	13°25'26"	47°7'55"
Foz do Bezerra	Rio Paranã	-	13°16'21"	47°22'15"
São Domingos	Rio São Domingos	-	13°23'41"	46°19'8"
UHE São Domingos	Rio São Domingos	-	13°23'18"	46°23'10"
PCH São Domingos II	Rio São Domingos	-	13°25'2"	46°23'15"
São Vicente	Rio São Vicente	1974-2006	13°33'5"	46°28'10"
São Domingos	Rio Paranã	-	12°59'47"	47°46'47"
Lavandeira	Rio Mosquito	1974-2006	12°47'37"	46°30'44"
UHE Sobrado	Rio Sobrado	-	12°31'59"	46°19'22"
PCH Taguatinga	Ribeirão Do Abreu	-	12°28'7"	46°26'36"
Próximo Colinas de Tocantins	Rio Capivara	1984-1999	8°4'9"	48°27'6"

Fonte: (ANA, 2010)

A estação fluviométrica Fazenda Veneza encontra-se a uma distância de 61,4 km em relação à área em estudo. A estação cobre uma área de drenagem de 2.921 km² (ANA, 2010). Os valores registrados das vazões para o ano de 2005 são apresentados na FIGURA 4.2.3.1 a seguir.

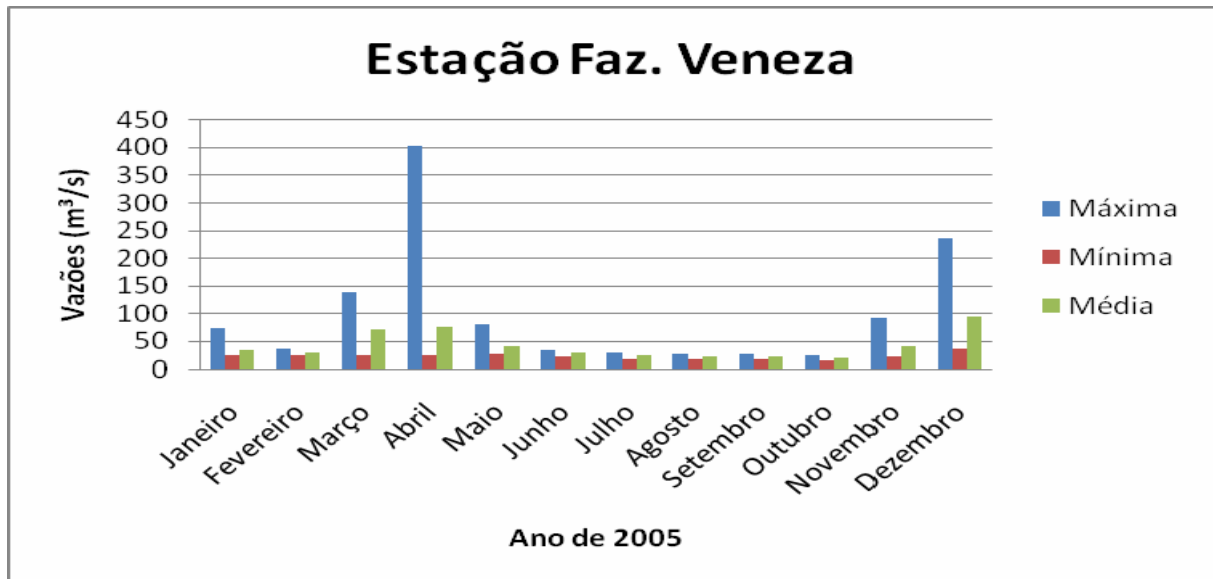


FIGURA 4.2.3.1 - Vazões Registradas na Estação Fazenda Veneza (Fonte: ANA, 2010).

A estação Ponte Paranã está a uma distância de 63,8 km da área em estudo, no município de Monte Alegre de Goiás - GO e cobre uma área de drenagem de 29.818 km² (ANA, 2010).

Conforme apresentado na FIGURA 4.2.3.2, a estação Ponte Paranã registra valores elevados de vazão, pois monitora o rio Paranã, um dos principais rios da região sudeste do Estado do Tocantins.

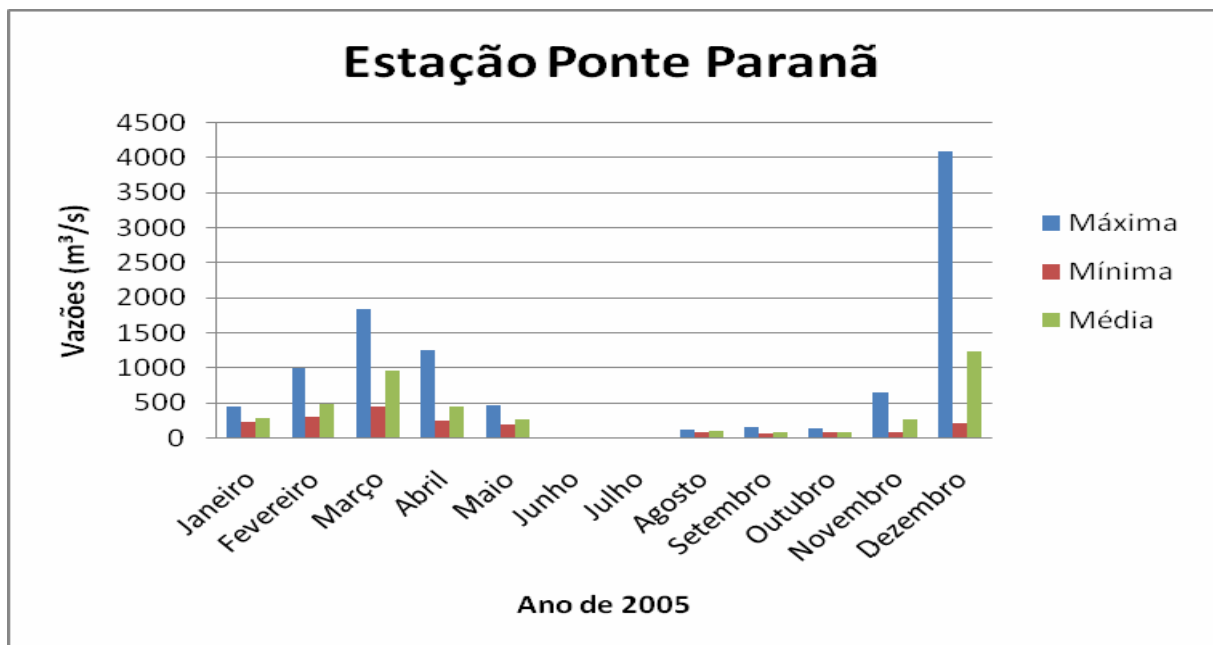


FIGURA 4.2.3.2 - Vazões Registradas na Estação Ponte Paranã. (Fonte: ANA, 2010).

A estação São Vicente está a uma distância de 76,5 km da área em estudo e uma drenagem inferior quando comparada com as demais vazões dos registros apresentados no presente estudo, tendo apenas 415 km² (ANA, 2010).

As vazões registradas para o rio São Vicente na estação, que leva o mesmo nome do rio, são apresentadas na FIGURA 4.2.3.3.



FIGURA 4.2.3.3 - Vazões Registradas na Estação São Vicente (Fonte: ANA, 2010).

Já a estação Lavandeira está situada a uma distância da área em estudo de 35,6 km e área de drenagem de 1.225 km² (ANA, 2010). Esta estação monitora o rio Mosquito. Os valores registrados pela estação são apresentados na FIGURA 4.2.3.4, a seguir.

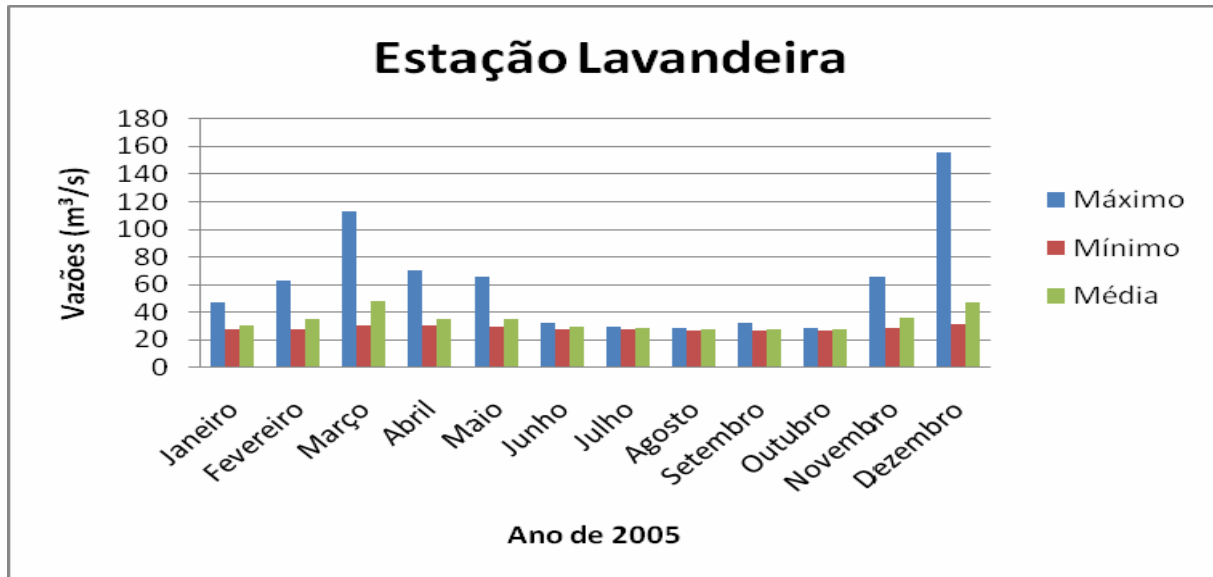


FIGURA 4.2.3.4 - Vazões Registradas na Estação Lavandeira (Fonte: ANA, 2010).

O detalhamento do estudo de vazões encontra-se no Projeto Conceitual das Barragens de Rejeito, Captação e Contenção (PIMENTA DE ÁVILA, 2010).

✓ Aspectos Qualitativos

A seguir será apresentado o estudo relativo à avaliação qualitativa dos mananciais superficiais e subterrâneos da área de estudo. Ressalta-se que para tanto, foram selecionados pontos amostrais que possibilitaram diagnosticar a interação dos corpos hídricos locais com o ambiente circundante, bem como caracterizar o cenário referente à qualidade das águas da região antes da instalação do empreendimento.

✓ Campanhas de Campo

Para o desenvolvimento do presente estudo foram realizadas duas campanhas de campo, a primeira em março de 2010 (período chuvoso) e a segunda no mês de junho de 2010 (período seco). A periodicidade amostral adotada (períodos seco e chuvoso) permitiu a identificação dos efeitos proporcionados pela variação sazonal nas concentrações dos parâmetros determinados nas análises físico-químicas e bacteriológicas.

Durante essas campanhas foram coletadas amostras em pontos em mananciais subterrâneos (SB) e superficiais (SP) inseridos na área de estudo, conforme descrito a seguir.

✓ Pontos Amostrais Subterrâneos

Na área eleita como limite para execução dos estudos para o PROJETO ARRAIAS, as propriedades rurais existentes, em sua maioria, optam pela coleta de água em pequenos reservatórios ou mananciais superficiais. Desse modo, identificou-se somente um poço para coleta. Entretanto, considerando que foram identificados mais três pontos amostrais potenciais no entorno da área de estudo, utilizou-se os mesmos para a caracterização das águas subterrâneas da região.

- Ponto 01 (SB 01)

O ponto amostral (coordenadas UTM 23L 316679 E/856670 N) corresponde a um poço raso localizado na fazenda Touro. O nível de água é de um metro, sendo utilizado para o abastecimento da propriedade.



FOTO 4.2.3.1 - Vista parcial do ponto SB 1.



FOTO 4.2.3.2 - Vista parcial do ponto SB 1.

- Ponto 02 (SB 02)

A amostragem do ponto SB 02 foi realizada em cacimba (afloramento de lençol freático) localizada nas coordenadas UTM 23L 316665 E/8575333 N. Este sistema é comumente utilizado nas propriedades rurais na área de estudo.



FOTO 4.2.3.3 - Vista parcial do ponto SB 2.



FOTO 4.2.3.4 - Vista parcial do ponto SB 2.

- Ponto 03 (SB 03)

A coleta do SB 03 foi realizada em um poço instalado nas coordenadas UTM 23L 312407E/8571926 N. O nível de água, segundo o proprietário, é de 100 metros, sendo que a água é bombeada para um caixa de armazenamento, que por gravidade, distribui para a propriedade.



FOTO 4.2.3.5 - Vista parcial do ponto SB 3.



FOTO 4.2.3.6 - Vista parcial do ponto SB 3.

- Ponto 04 (SB 04)

O ponto de água subterrânea SB 04 está localizado nas coordenadas UTM 23L 302083 E/8579669 N e apresenta lençol com aproximadamente 23 metros de profundidade. Este poço tubular profundo foi construído pela Prefeitura de Arraias e abastece todo o distrito de Cana Brava.



FOTO 4.2.3.7 - Vista parcial do ponto SB 4.



FOTO 4.2.3.8 - Vista parcial do ponto SB 4.

✓ **Pontos Amostrais Superficiais**

Para a amostragem dos recursos hídricos superficiais, procurou-se contemplar as principais microbacias diretamente afetadas, com ênfase no Rio Bezerra e Córrego Poção. Além de pontos no interior da Área de Estudo, foram selecionados pontos amostrais na microbacia do Córrego Tiúba, por contemplar áreas com potencial de exploração.

- **Ponto 5 (SP5)**

Ponto amostral localizado no córrego Poção na coordenada UTM 23L 309353 E/8571391 N. O local encontra-se com mata ciliar parcialmente degradada.



FOTO 4.2.3.9 - Vista geral do SP 5 no período de chuvoso.



FOTO 4.2.3.10 - Vista geral do SP 5 no período de seca.

- **Ponto 6 (SP6)**

Ponto amostral localizado no córrego Tiúba nas coordenadas UTM 23L 307135 E/8581316 N. Esse manancial apresenta mata ripária degradada, devido à atividade de pecuária extensiva.



FOTO 4.2.3.11 - Vista geral do SP 6 no período de chuvoso.



FOTO 4.2.3.12 - Vista geral do SP 6 no período de seca.

- Ponto 7 (SP7)

Ponto amostral localizado no córrego Tiúba (Coordenadas UTM 23L 308115 E/8579452 N). As margens do córrego nesse local também são utilizadas para a pecuária extensiva.



FOTO 4.2.3.13 - Vista geral do SP 7 no período de chuvoso.



FOTO 4.2.3.14 - Vista geral do SP 7 no período de seca.

- Ponto 8 (SP8)

Ponto amostral localizado em um reservatório artificial situado em um tributário do rio Bezerra (coordenadas UTM 23L 304933 E/8570262 N). A faixa de preservação permanente desse corpo d'água encontra-se degradada.



FOTO 4.2.3.15 - Vista geral do SP 8 no período de chuvoso.



FOTO 4.2.3.16 - Vista geral do SP 8 no período de seca.

- Ponto 9 (SP9)

Ponto amostral localizado no rio Bezerra (Coordenadas UTM 304027 E/8569174 N). Nesse ponto, a mata ciliar encontra-se significativamente preservada.



FOTO 4.2.3.17 - Vista geral do SP 9 no período de chuvoso.



FOTO 4.2.3.18 - Vista geral do SP 9 no período de seca.

- Ponto 10 (SP10)

Ponto amostral localizado no córrego Poção, próximo à confluência com o rio Bezerra (coordenadas UTM 23L 304546 E/8568775 N). O local de coleta apresenta mata ciliar preservada.



FOTO 4.2.3.19 - Vista geral do SP 10 no período de chuvoso.



FOTO 4.2.3.20 - Vista geral do SP 10 no período de seca.

- Ponto 11 (SP11)

Ponto amostral localizado no Rio Bezerra (Coordenadas UTM 23L 303585 E/8573513 N). Nesse ponto, a antropização é significativa, principalmente pela supressão da mata ciliar do manancial.



FOTO 4.2.3.21 - Vista geral do SP 11 no período de chuvoso



FOTO 4.2.3.22 - Vista geral do SP 11 no período de seca.

- Ponto 12 (SP12)

Ponto amostral localizado no rio Bezerra (Coordenadas: UTM 23L 300042 E/8574040 N). O local apresenta mata ciliar preservada e com grande quantidade de areia.



FOTO 4.2.3.23 - Vista geral do SP 12 no período de chuvoso.



FOTO 4.2.3.24 - Vista geral do SP 12 no período de seca.

O mapa apresentado na FIGURA 4.2.3.5 ilustra os pontos de coletas das amostras subterrâneas e superficiais.

✓ **Procedimentos Analíticos**

Após a coleta, as amostras, devidamente preservadas, foram encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins. Em cada uma das amostras foram determinados os parâmetros descritos no QUADRO 4.2.3.2 Ressalta-se que a discussão dos resultados focou os parâmetros que possibilitassem uma caracterização adequada dos mananciais da área de influência do empreendimento, bem como sua interação com o ambiente local. Os laudos das análises são apresentados no ANEXO 13.

QUADRO 4.2.3.2
PARÂMETROS DETERMINADOS PARA AS AMOSTRAS DE
ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS

PARÂMETROS	TÉCNICA	REFERÊNCIA
Temperatura (°C)	Medida direta	APHA (2005)
Turbidez (NTU)	Medida direta	APHA (2005)
pH (escala)	Medida direta	APHA (2005)
Condutividade elétrica (µS/cm)	Medida direta	APHA (2005)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Medida direta	APHA (2005)
Sólidos Totais Dissolvidos (PPM)	Medida direta	APHA (2005)
Cor verdadeira (Pt/L)	Espectrofotometria	APHA (2005)
Dureza	Cálcio (mg/L)	Titulometria
	Magnésio (mg/L)	Titulometria
Alcalinidade	Carbonato (mg/L)	Titulometria
	Bicarbonato (mg/L)	Titulometria
Manganês (mg/L)	Espectrofotometria	APHA (2005)
Ferro Total (mg/L)	Espectrofotometria	APHA (2005)
Nitrogênio	Amônia (mg/L)	Espectrofotometria
	Nitrito(mg/L)	Espectrofotometria
	Nitrato (mg/L)	Espectrofotometria
	Orgânico (mg/L)	Diferenciação
	Total (mg/L)	Destilação Prévia
Fósforo total (mg/L)	Espectrofotometria	APHA (2005)
Sódio (mg/L)	Espectrofotometria	APHA (2005)
Potássio (mg/L)	Espectrofotometria	APHA (2005)
Cloreto (mg/L)	Titulometria	APHA (2005)
Sulfato (mg/L)	Espectrofotometria	APHA (2005)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	Medida direta	APHA (2005)
Sólidos	Sólidos Totais (mg/L)	Calcinação
	Sólidos Fixos (mg/L)	Calcinação
Suspensos	Matéria Orgânica (mg/L)	Calcinação
	Sólidos Totais (mg/L)	Evaporação
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Colilert	APHA (2005)
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Colilert	APHA (2005)

✓ **Resultados Obtidos e Análise dos Resultados**

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas e bacteriológicas para as águas superficiais e subterrâneas da área em estudo nas duas campanhas de monitoramento estão apresentados por parâmetros conforme descrito a seguir.

- Temperatura (°C)

A temperatura é uma característica física das águas, sendo uma medida de intensidade de calor ou energia térmica em trânsito, pois indica o grau de agitação das moléculas. Variações de temperatura são partes do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores, tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A temperatura desempenha um papel importante de controle no meio aquático, influenciando o comportamento de uma série de parâmetros físico-químicos. De acordo com Esteves (1998), altas temperaturas estimulam o metabolismo dos micro-organismos, enquanto baixas temperaturas resultam em baixo metabolismo bacteriano.

Em relação aos pontos amostrais superficiais (FIGURA 4.2.3.5) observou-se que durante o período chuvoso a temperatura oscilou entre 24,79 e 31,38°C, enquanto que durante o período seco observaram-se valores que variaram entre 20,69 e 26,11°C. A amplitude verificada entre os pontos amostrais em cada um dos períodos deve-se principalmente aos diferentes horários em que as coletas foram realizadas. Cabe ressaltar que não se identificou nenhum fator antrópico que poderia ser responsável pelas diferentes temperaturas observadas nos pontos amostrais em estudo.

Em relação à variação sazonal da temperatura nos mananciais avaliados, observa-se que os menores valores ocorreram no período seco, o que pode ser justificado pelo fato de que no mês de junho (período seco) ocorrem temperaturas atmosféricas significativamente inferiores às observadas no mês de março (período chuvoso).

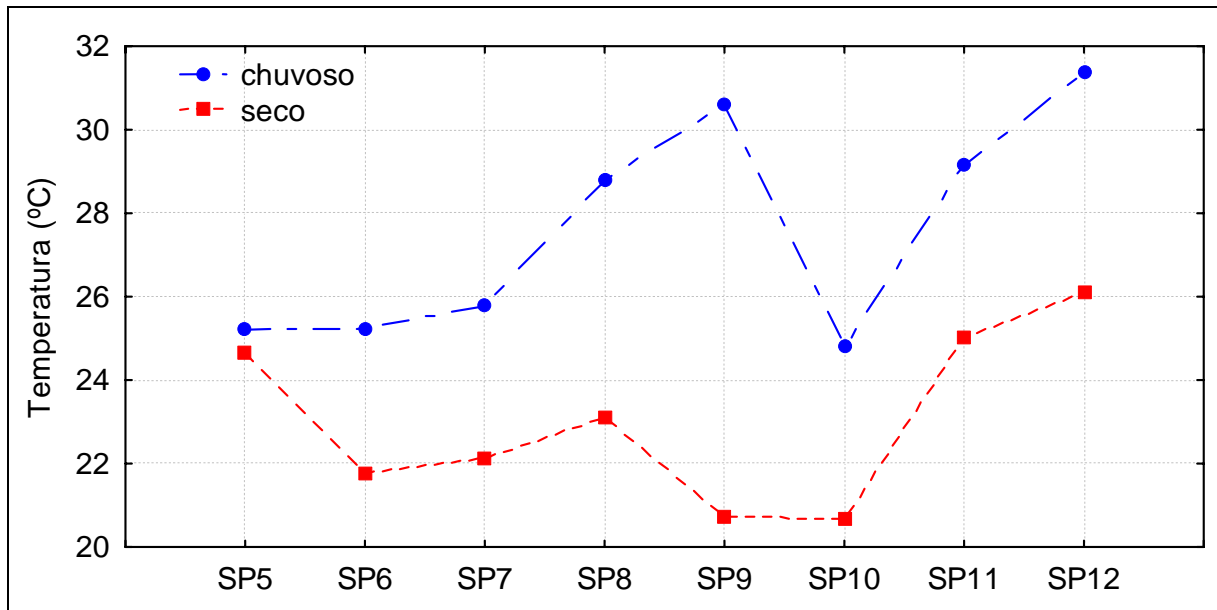


FIGURA 4.2.3.5 - Valores de temperatura verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Em relação aos pontos amostrais subterrâneos (FIGURA 4.2.3.6) observou-se que durante o período chuvoso a temperatura oscilou entre 25,16 e 26,26°C, enquanto que durante o período seco observaram-se valores que variaram entre 21,02 e 25,72°C.

Observa-se que, excetuando-se o ponto 2 coletado em uma cacimba (afloramento de lençol freático), não se observaram diferenças significativas entre as temperaturas verificadas no período seco e chuvoso, tendo em vista a variação diária ou sazonal da temperatura atmosférica não resultar em alterações significativas nas temperaturas das águas subterrâneas.

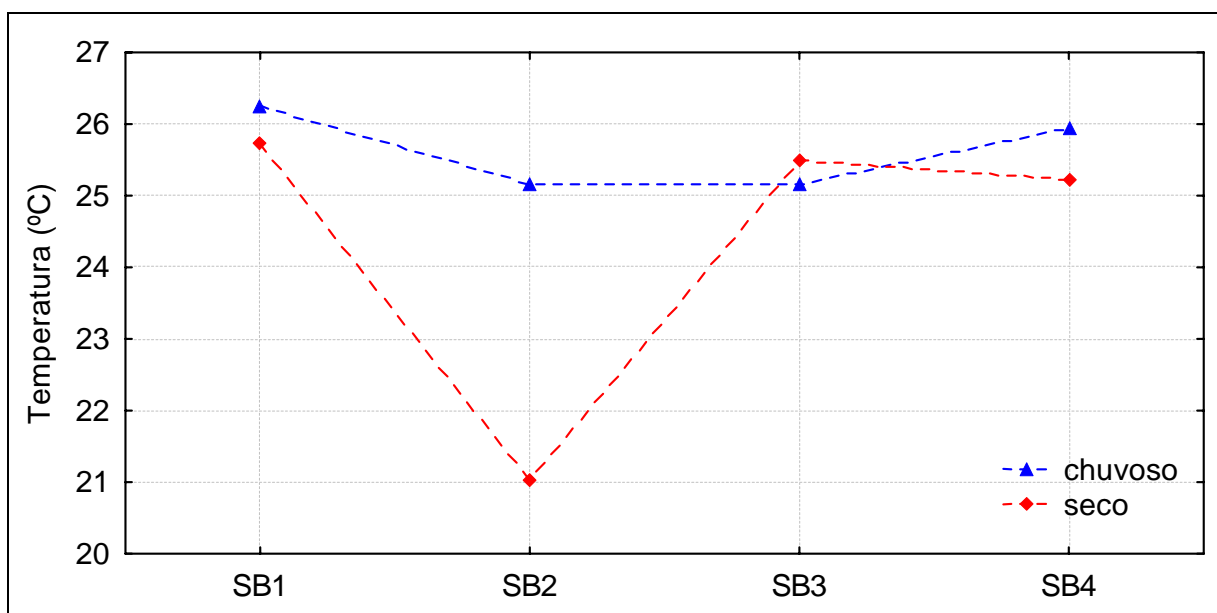


FIGURA 4.2.3.6 - Valores de temperatura verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Oxigênio Dissolvido (mg/L)

O oxigênio dissolvido (OD) é um dos parâmetros mais importantes para verificar a qualidade da água, pois revela a possibilidade da manutenção de vida dos organismos aeróbios. A escassez desse gás pode levar ao desaparecimento dos peixes de um determinado corpo d'água, dado que esses organismos são extremamente sensíveis à diminuição do OD de seu meio. Pode também ocasionar mau cheiro (CONDINI, 1998). As principais fontes de oxigênio para os sistemas aquáticos são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas desse gás são decorrentes do consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês (ESTEVES, 1998).

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, o oxigênio dissolvido para águas de classe 2, em qualquer amostra, não deve ser inferior a 5,0 mg/L.

Em relação às amostras coletadas em mananciais superficiais (FIGURA 4.2.3.7), durante o período chuvoso foram verificadas concentrações de OD que variaram entre 8,37 e 8,95 mg/L, enquanto que no período seco as concentrações variaram entre 4,85 e 8,21 mg/L. Ressalta-se que, excetuando-se o ponto 8 no período seco, em todos pontos amostrais foram identificadas concentrações de oxigênio dissolvido de acordo com os limites estabelecidos pela legislação vigente.

O ponto SP8, provavelmente, apresentou uma baixa concentração de oxigênio dissolvido devido à decomposição da matéria orgânica influenciado pelo ambiente lântico apresentado no período seco.

Quanto à variação sazonal, observou-se que todos os pontos amostrais apresentaram as maiores concentrações de OD durante o período chuvoso, fato que provavelmente se deve ao aumento das vazões nesse período, que, por aumentar o turbilhamento da água, favorece o aumento das concentrações de OD.

As maiores concentrações de oxigênio dissolvido no período chuvoso, como será melhor explicitado no item seguinte, indica que o aporte de matéria orgânica aos mananciais nesse período não é tão expressivo, uma vez que sua decomposição não acarreta na depleção significativa dos níveis de oxigênio dissolvido nos mananciais amostrados.

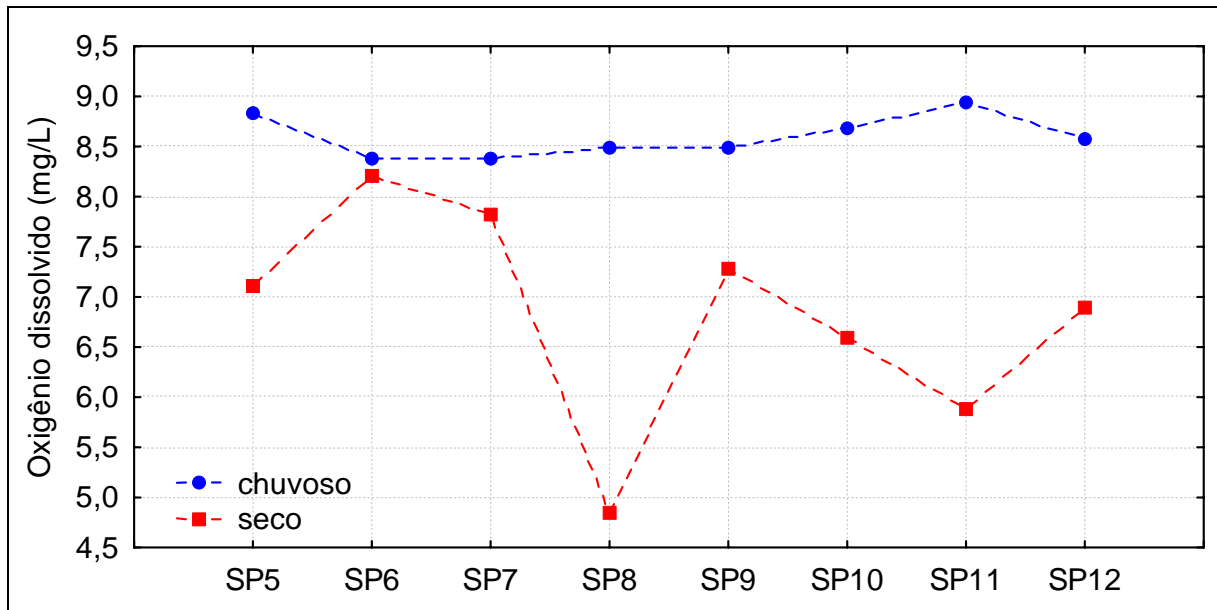


FIGURA 4.2.3.7 - Valores de oxigênio dissolvido verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Em relação às concentrações de oxigênio dissolvido nas amostras de água subterrânea (FIGURA 4.2.3.8), cabe observar que, apesar da maioria das alíquotas de água amostradas apresentarem valores relativamente elevados, não cabe buscar a identificação de um padrão comportamental para esse parâmetro, uma vez que por se tratar de água subterrânea os fatores responsáveis pela oxigenação da água coletada podem estar diretamente relacionados com a movimentação necessária para a remoção da amostra dos poços.

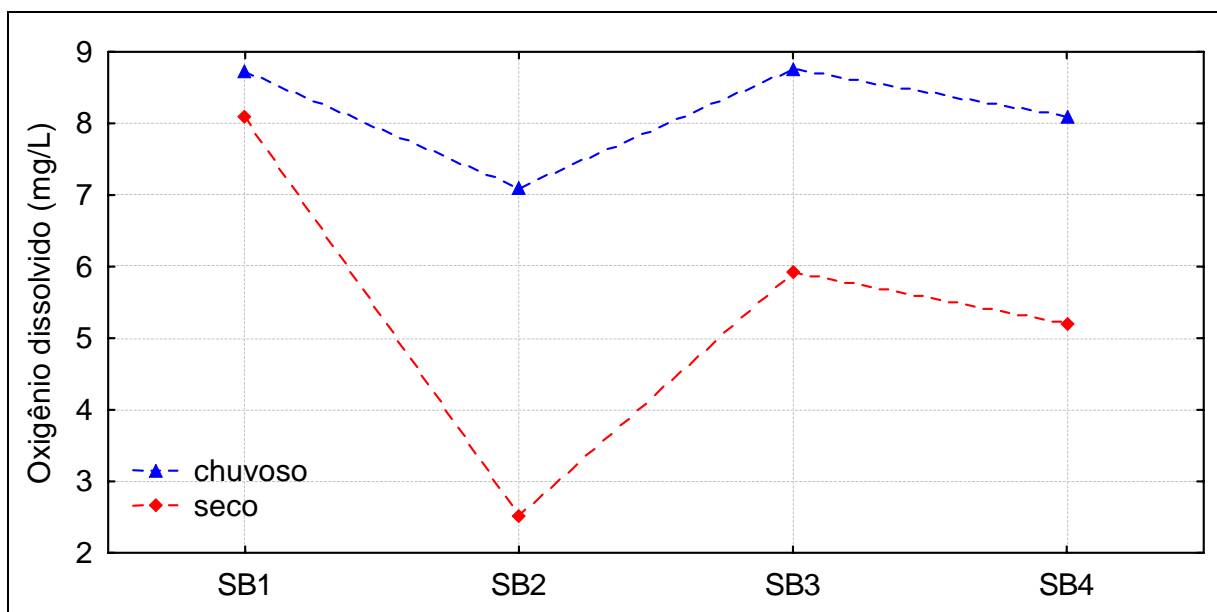


FIGURA 4.2.3.8 - Valores de oxigênio dissolvido verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO é o parâmetro mais comumente utilizado para a medida de consumo de oxigênio na água. Este parâmetro representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, isto é, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido, em mg/L, que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável (CONDINI, 1998).

Pelo fato da DBO somente medir a quantidade de oxigênio consumido num teste padronizado, a mesma não indica a presença de matéria não biodegradável, e não leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana.

Para as amostras superficiais (FIGURA 4.2.3.9) os resultados da demanda bioquímica de oxigênio apresentaram valores que variaram entre 3,56 a 5,60 mg/L durante o período chuvoso e entre 3,62 e 4,96 mg/L no período seco.

Ressalta-se que a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o limite máximo de 5 mg/L para este parâmetro. Nesse contexto, observa-se que somente o ponto 10, no período chuvoso, apresentou uma concentração superior ao limite estabelecido pela referida resolução.

Quanto à variação sazonal verifica-se que os pontos SP5, SP6, SP7 e SP8 apresentaram as maiores concentrações no período seco. Essa condição evidencia que o aporte de matéria orgânica proporcionado pela lixiviação do horizonte orgânico do solo da área de influência dos referidos pontos amostrais, durante o período chuvoso, não supera o efeito de diluição proporcionado pelo acréscimo das vazões decorrente da incidência pluviométrica.

Os pontos SP9, SP10, SP11 e SP12 apresentaram as maiores concentrações durante o período chuvoso, fato proporcionado por uma lixiviação significativa de matéria orgânica para o interior dos mananciais relacionados a esses pontos amostrais.

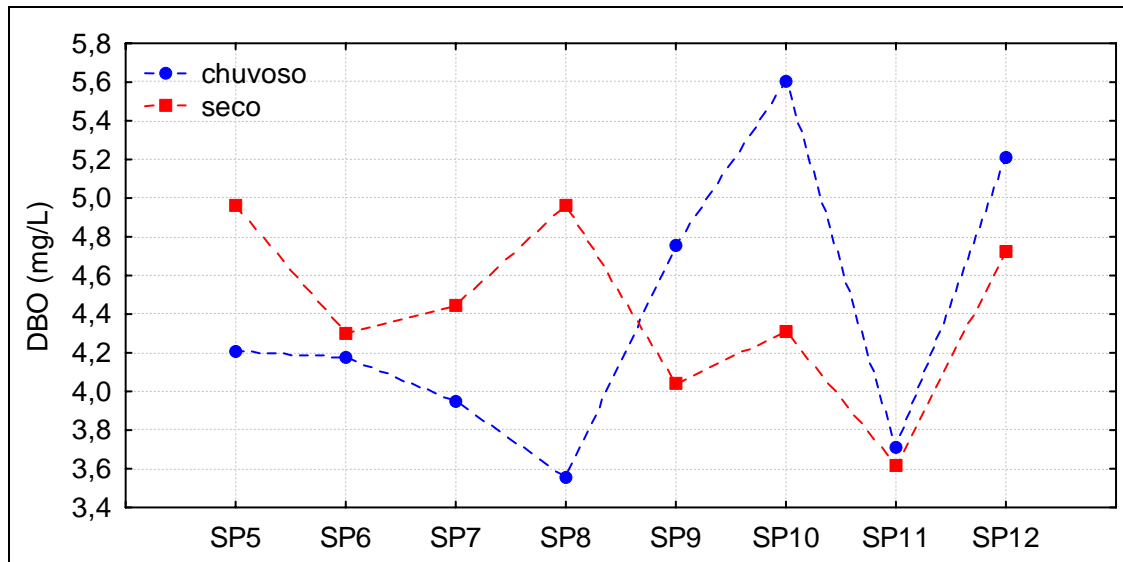


FIGURA 4.2.3.9 - Valores de DBO verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Para as amostras subterrâneas (FIGURA 4.2.3.10), os resultados da demanda bioquímica de oxigênio apresentaram valores que variaram entre 3,52 a 4,79 mg/L durante o período chuvoso e entre 3,92 e 4,90 mg/L no período seco. Quanto à variação sazonal verificou-se que os pontos 1 e 3 apresentaram as maiores concentrações durante o período chuvoso, enquanto que os pontos 2 e 4 apresentaram as maiores concentrações no período seco.

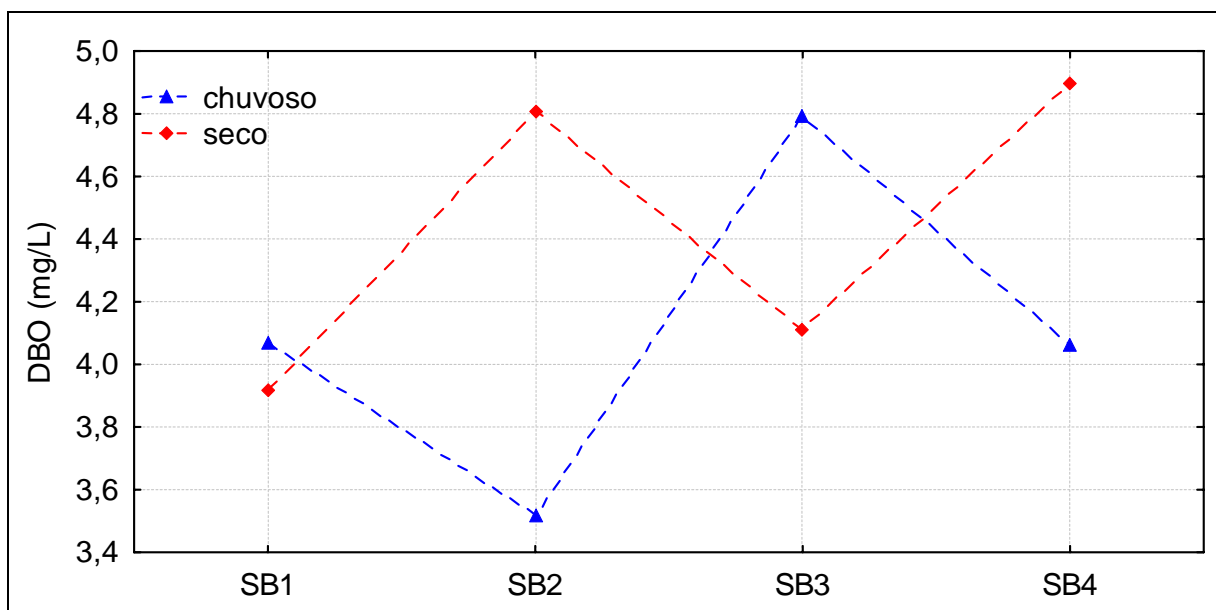


FIGURA 4.2.3.10 - Valores de DBO verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- pH (escala)

O termo pH (potencial hidrogeniônico) é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução. A escala de pH é constituída de uma série de números variando de 0 a 14, os quais denotam vários graus de acidez ou alcalinidade.

Valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto valores de 7 a 14 indicam aumento da basicidade (CARMOUZE, 1994).

As águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9. Às vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre. A Resolução CONAMA 357/2005, estabelece que águas de classe 2 devem apresentar pH entre 6 e 9.

Para os pontos amostrais situados em mananciais superficiais (FIGURA 4.2.3.11), verificou-se que o pH variou, durante o período chuvoso, entre 7,31 a 9,34, enquanto que durante o período seco entre 6,96 e 8,27. Ressalta-se que somente o ponto 10 durante o período chuvoso apresentou valores de pH superiores ao estabelecido pela legislação em vigor. Considerando-se que a maioria dos pontos amostrais apresentam características básicas, observa-se que a lixiviação do íon de bicarbonato do substrato local corresponde ao fator determinante para esse parâmetro na região em estudo.

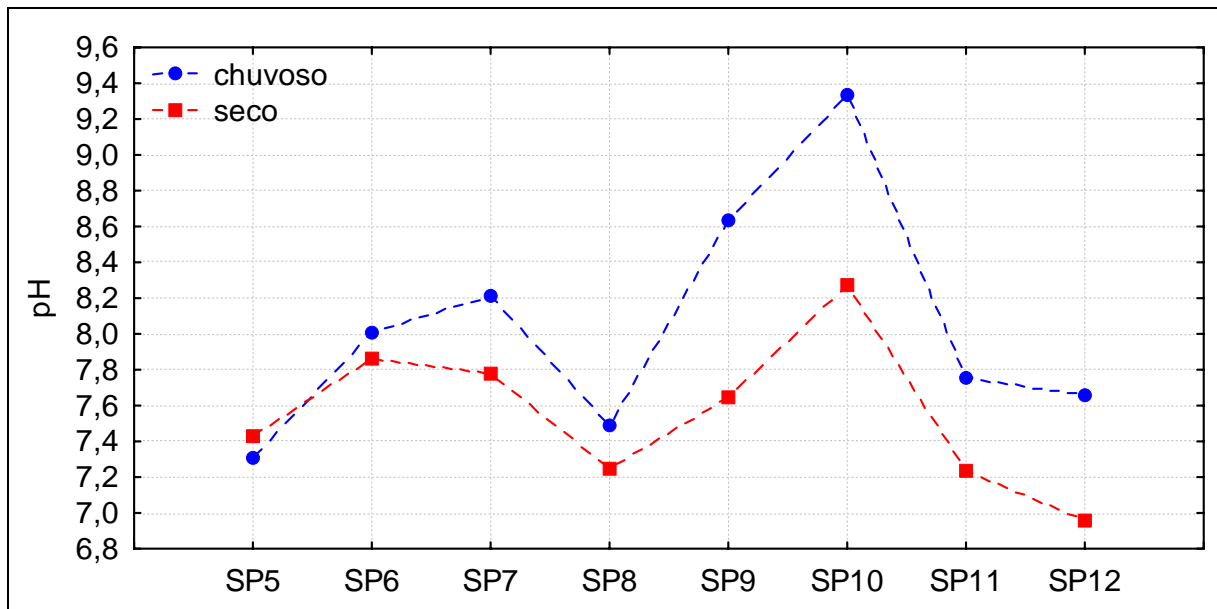


FIGURA 4.2.3.11 - Valores de pH verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Para os pontos amostrais de água subterrânea (FIGURA 4.2.3.12), verificou-se que o pH variou durante o período chuvoso entre 5,85 e 7,58, enquanto que durante o período seco entre 6,87 e 8,31. Conforme será observado adiante, o aumento das concentrações de bicarbonato durante o período seco corresponde a um fator determinante na tendência mais básica observada nos pontos amostrais nesse período.

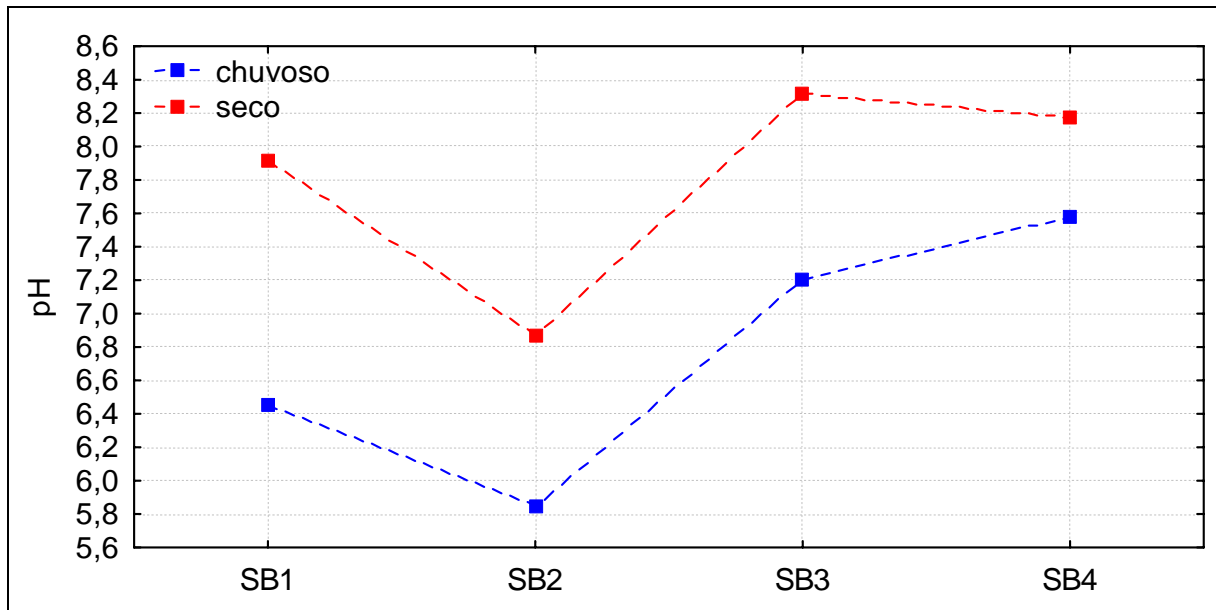


FIGURA 4.2.3.12 - Valores de pH verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica depende da quantidade de íons presentes na água e é aproximadamente proporcional à sua quantidade. Sua determinação permite obter uma estimativa rápida do conteúdo de sólidos dissolvidos em uma amostra (RICHTER *et al.*, 1991). Em relação aos pontos amostrais localizados nos mananciais superficiais (FIGURA 4.2.3.13) os resultados para este parâmetro variaram entre 46 e 569 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) no período chuvoso e entre 48,3 e 569 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) no período seco, mostrando um ambiente dentro dos padrões esperados para águas de classe II.

Ressalta-se que para cada um dos referidos pontos amostrais não se verificaram diferenças significativas entre os valores de condutividade elétrica observados no período seco e no período chuvoso, o que permite afirmar que as variações sazonais das concentrações de íons se contrabalanceiam proporcionando a ocorrência de valores aproximados de condutividade elétrica entre os dois períodos climáticos.

Verifica-se que os pontos SP8, SP9, SP11, SP12 apresentaram os menores valores de condutividade, sendo que a amplitude entre os mesmos é relativamente baixa. Os maiores valores foram observados nos pontos SP5, SP6, SP7 e SP10. Ressalta-se que nesses pontos também foram verificadas as maiores concentrações de Ca, Mg e HCO_3^- , o que provavelmente se deve ao fato desses pontos amostrais se localizarem em mananciais cuja bacia de drenagem situa-se em regiões de relevo com menor grau de intemperismo, proporcionando maiores concentrações dos referidos íons aos corpos hídricos de suas áreas de influência.

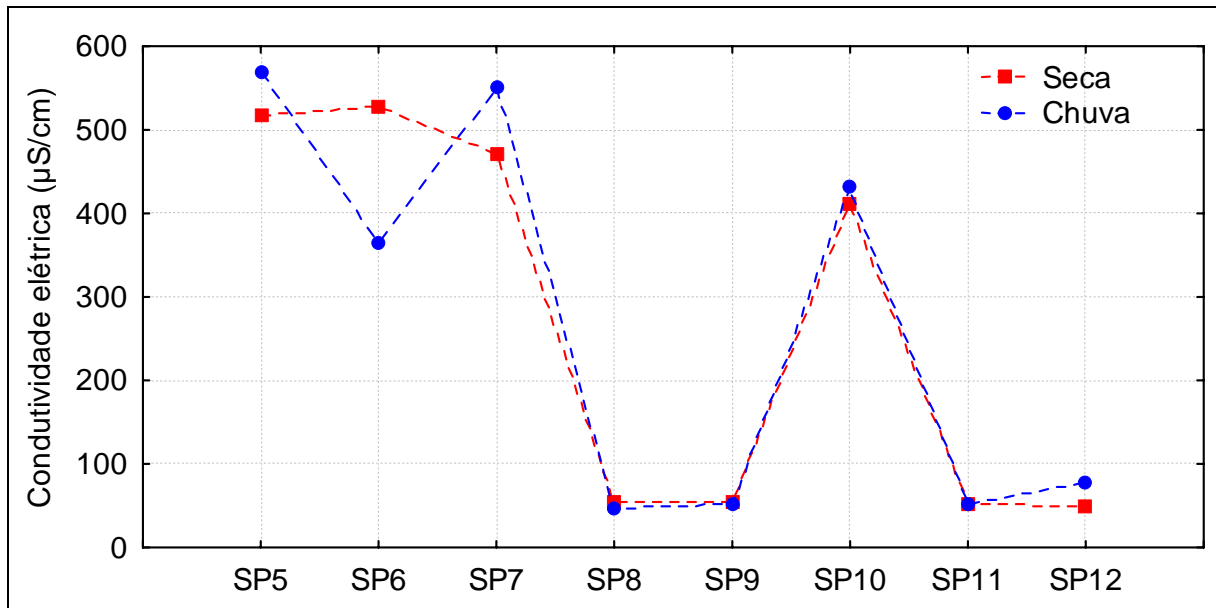


FIGURA 4.2.3.13 - Valores de condutividade elétrica verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Em relação aos pontos amostrais subterrâneos FIGURA 4.2.3.14 os resultados para este parâmetro variaram entre 32 e 591 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) no período chuvoso e entre 56,3 e 542 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) no período seco.

Ressalta-se que para cada um dos pontos amostrais subterrâneos não se verificaram diferenças significativas entre os valores de condutividade elétrica observados no período seco e no período chuvoso, o que permite afirmar que as variações sazonais das concentrações de íons maiores se contrabalanceiam proporcionando a ocorrência de valores aproximados de condutividade elétrica entre o período seco e chuvoso.

Os menores valores desse parâmetro para os pontos amostrais subterrâneos foram observados no ponto SB 2, aonde também são verificadas as menores concentrações de Ca, Mg e HCO_3 , o que provavelmente pode ser atribuído ao fato desse ponto amostral corresponder a um afloramento do lençol (cacimba), o que favorece menores concentrações de íons dissolvidos quando comparado com os demais pontos amostrais.

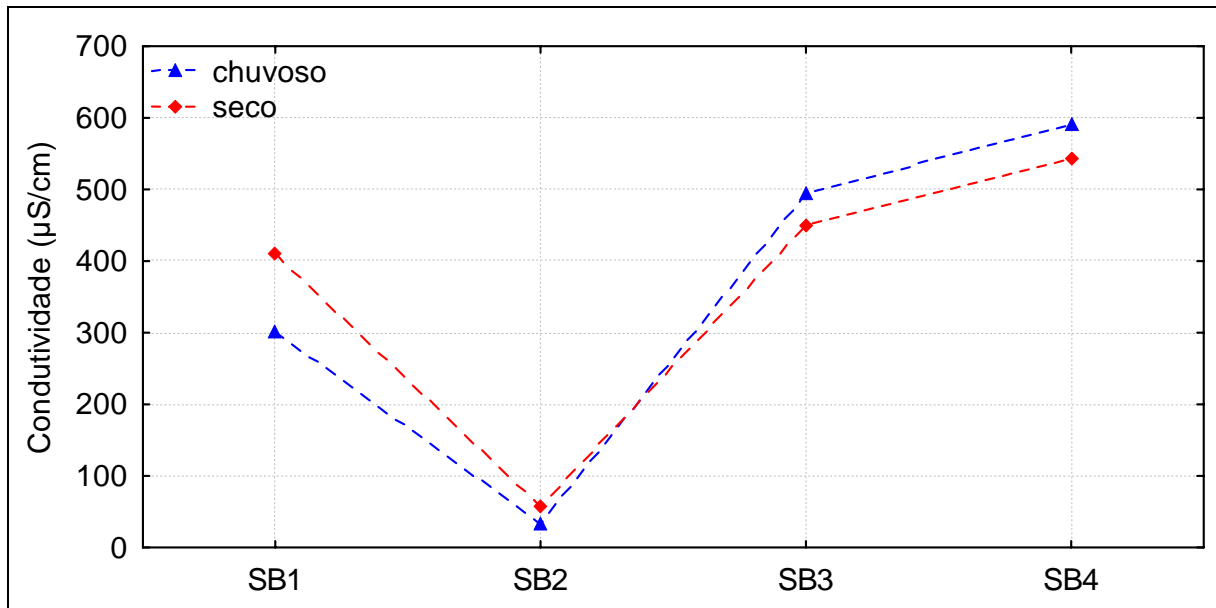


FIGURA 4.2.3.14 - Valores de condutividade elétrica verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- **Variação Sazonal de Íons nos Corpos Aquáticos**

Anteriormente à discussão referente ao comportamento de íons nos corpos hídricos amostrados, optou-se em apontar os principais fatores responsáveis por sua variação sazonal, de modo a favorecer a interpretação dos dados obtidos durante a amostragem.

Dentre os fatores que condicionam a variação sazonal das concentrações de íons maiores nos ambientes aquáticos, destaca-se o comportamento hidrológico desses ambientes, uma vez que o aumento e o decréscimo das descargas hídricas ao longo do ano hidrológico favorecem, de acordo com as características de cada bacia de drenagem, a ocorrência de concentrações distintas durante os períodos de seca e cheia.

O modelo mais tradicional de comportamento sazonal indica que as maiores concentrações de íons são observadas durante os períodos de estiagem, quando se verifica a redução das descargas hídricas e respectiva predominância do fluxo de base no escoamento superficial. Essa redução possibilita um maior tempo de contato da água subterrânea com o substrato litológico, acarretando no aumento do intemperismo dos minerais contidos nas rochas e na consecutiva elevação das concentrações de íons nas águas. Já durante o período de cheia, devido à maior incidência de águas de chuva, que por sua vez possuem menores concentrações de íons, verifica-se a diluição dos teores desses íons nos corpos hídricos superficiais (GIBBS, 1970; DREVER, 1997). Essa tendência geralmente é observada em regiões que possuem substratos geológicos mais recentes e, por consequência, menos intemperizados.

Entretanto, em um igarapé da região amazônica, situado em uma bacia hidrográfica caracterizada pela presença de rochas antigas e altamente intemperizadas, Markewitz *et al.* (2001) constataram um comportamento oposto ao modelo tradicional, ou seja, verificaram as menores concentrações de íons durante o período de seca e as maiores durante a cheia.

Os referidos autores mencionam que as regiões que perderam seus reservatórios minerais primários, devido ao avançado estágio de intemperismo, possuem grande parte dos ciclos de elementos geoquímicos controlados pela ciclagem da matéria orgânica, sendo que a lixiviação dos horizontes superficiais dos solos pelas águas da chuva corresponde à principal fonte de íons para os corpos hídricos dessas localidades.

Considerando a influência do substrato rochoso nas características químicas dos mananciais, a seguir será apresentado um mapa que indica localização dos pontos amostrais selecionados na área de estudo em relação à geologia local (FIGURA 4.2.3.15).

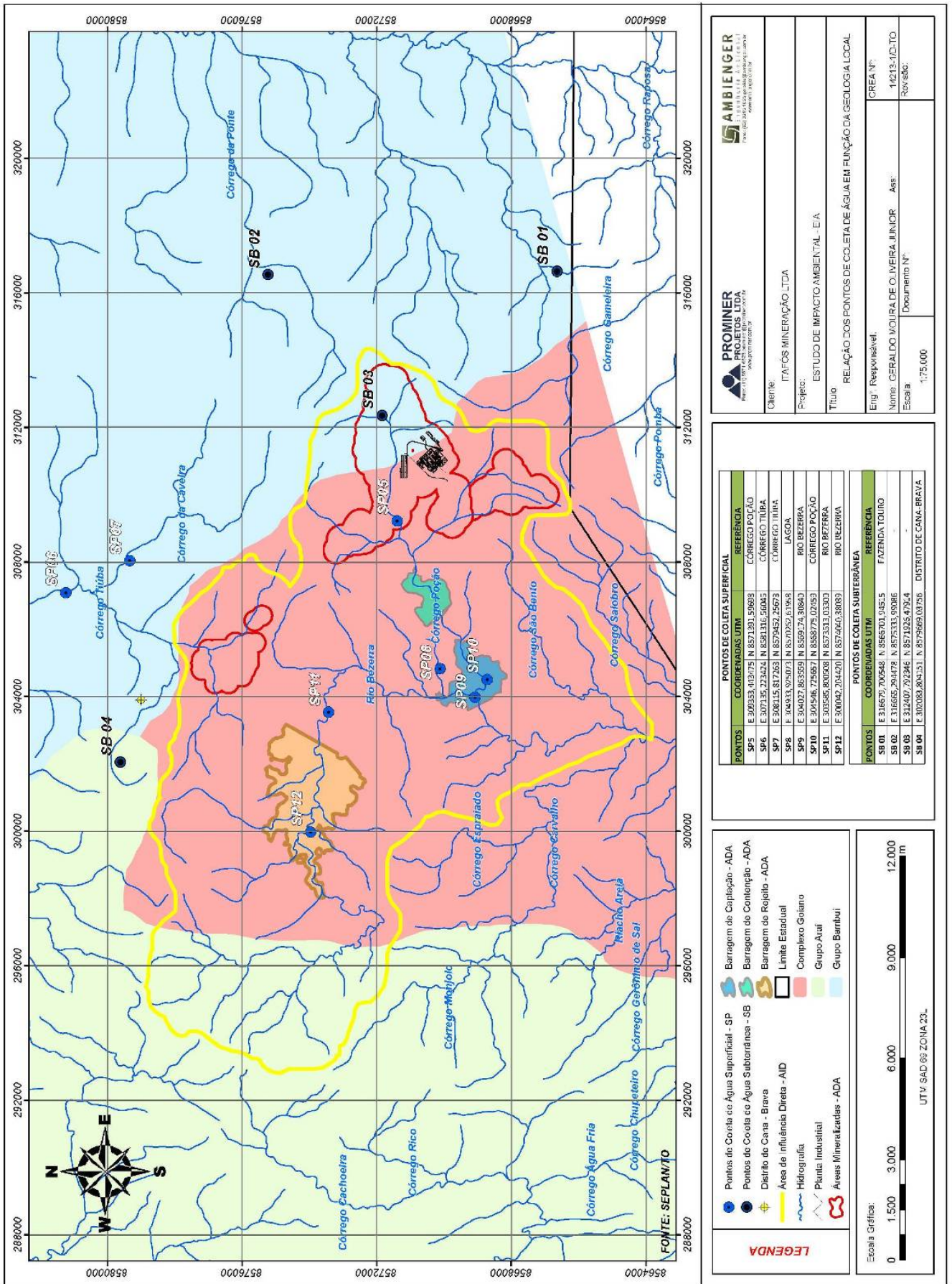


FIGURA 4.2.3.15- Mapa pontos de coleta e geologia.

- Bicarbonato (mg/L)

De acordo com Vidal *et al.* (2005), o CO₂ ao se difundir na água pode ser hidratado, formando o ácido carbônico (H₂CO₃): CO₂ (g) + H₂O (l) ↔ H₂CO₃ (aq). O ácido carbônico, ao dissociar-se, proporciona a formação do íon bicarbonato (HCO₃⁻): H₂CO₃ (aq) ↔ H⁺(aq) + HCO₃⁻(aq), e a dissociação do íon bicarbonato resulta na formação íon carbonato (CO₃²⁻): HCO₃⁻(aq) ↔ H⁺(aq) + CO₃²⁻(aq).

Zaihua e Jinbo (2000) relatam que outra fonte de carbono inorgânico (HCO₃⁻) ao meio aquático é o intemperismo de rochas carbonáceas, que ocorre de acordo com a seguinte reação: CaCO₃ + CO₂ + H₂O ↔ Ca²⁺ + 2HCO₃⁻.

A soma das espécies anteriormente mencionadas (CO₂ (aq), H₂CO₃ (aq), HCO₃⁻ (aq) e CO₃²⁻ (aq)) compõem o estoque de carbono inorgânico dissolvido (DIC) dos ambientes aquáticos. O equilíbrio entre essas espécies está diretamente relacionado com o pH e o tamponamento do meio (ESTEVEES, 1998). Tendo em vista que somente em ambientes extremamente alcalinos (pH > ~9), verifica-se a presença do íon CO₃²⁻, tem-se que o íon carbônico presente na maioria dos mananciais, inclusive os do presente estudo, correspondem ao HCO₃⁻.

Em relação às concentrações de bicarbonato nos pontos amostrais superficiais (FIGURA 4.2.3.16) observam-se as maiores concentrações nos pontos SP5, SP6, SP7 e SP10. Ressalta-se que os pontos 6, 7 situam-se sobre a unidade estratigráfica Grupo Bambuí, enquanto que os pontos SP5 e SP10 localizam-se sobre unidade estratigráfica Complexo Goiano, entretanto encontram-se em um manancial cujas nascentes drenam regiões localizadas sobre o Grupo Bambuí (córrego Poção).

Os demais pontos amostrais (SP8, SP9, SP11 e SP12), que apresentaram as menores concentrações, situam-se em mananciais que drenam predominantemente áreas situadas sobre o Complexo Goiano (Suíte Aurumina). Vale mencionar que os pontos SP11 e SP12 estão localizados no rio Bezerra cujas nascentes estão situadas sobre o Grupo Arai.

Cabe observar que o Grupo Bambuí possui unidades pelito-carbonática, formada por siltitos, calcários laminados, calcários e dolomitos estromatolíticos, dolarenitos e brechas dolomíticas, depositados em ambientes de intermaré, inframaré e plataforma carbonática (LIMA, 1997 apud ALVARENGA *et al.*, 2007). Essas rochas destacam-se por possuírem em sua constituição minerais, cuja dissolução proporciona aportes de íons de cálcio, magnésio e bicarbonato para os mananciais de sua área de influência.

Desse modo, pode se afirmar que as maiores concentrações de bicarbonato nos pontos SP5, SP6, SP7 e SP10 devem-se à influência das rochas do grupo Bambuí nos mananciais em que esses pontos estão situados.

Cabe observar que a resolução CONAMA 357/2005 não estabelece padrões para este parâmetro.

Quanto o efeito sazonal nas concentrações desse parâmetro, não se verificou variações significativas em nenhum ponto amostral superficial.

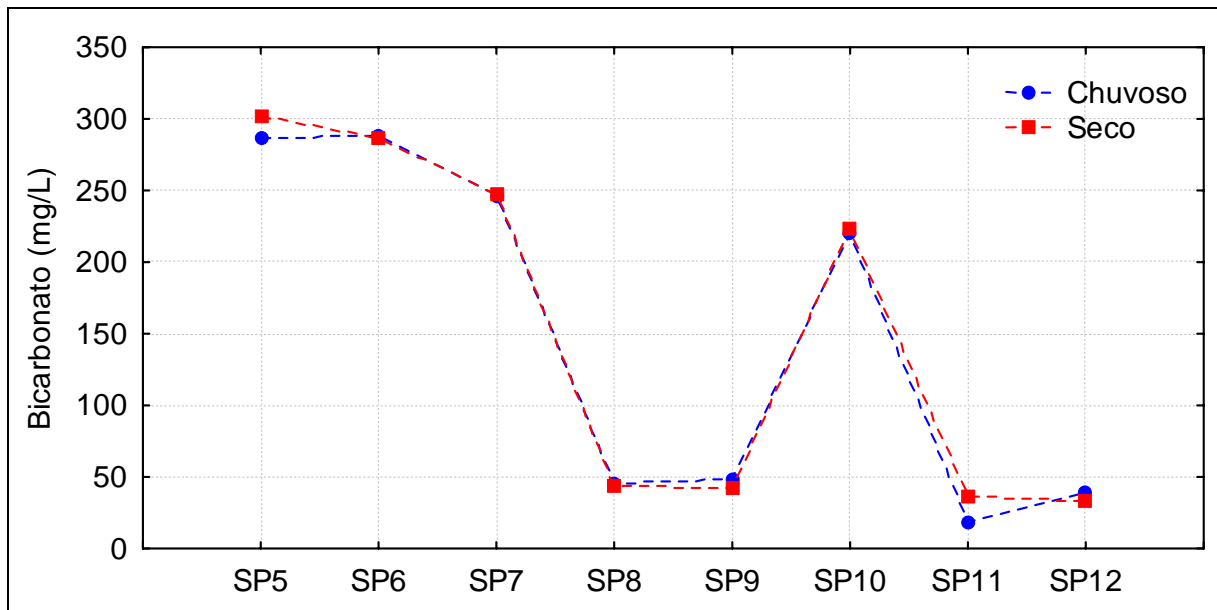


FIGURA 4.2.3.16 - Concentrações de bicarbonato verificadas nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Quanto aos pontos amostrais subterrâneos (FIGURA 4.2.3.16), observa-se que os pontos SB1, SB3 e SB4 apresentam concentrações aproximadas de bicarbonato, enquanto que o ponto SB2 apresenta concentrações inferiores aos demais locais de coleta. Conforme já relatado, essa diferenciação deve-se ao fato do ponto SB2 estar locado em ponto onde ocorre afloramento de lençol.

Quanto à variação sazonal para as amostras subterrâneas, observa-se que para todos os pontos no período seco ocorreram concentrações maiores do ânion bicarbonato, o que se deve a menor influência das águas pluviais e consecutiva redução do efeito de diluição das concentrações desse íon.

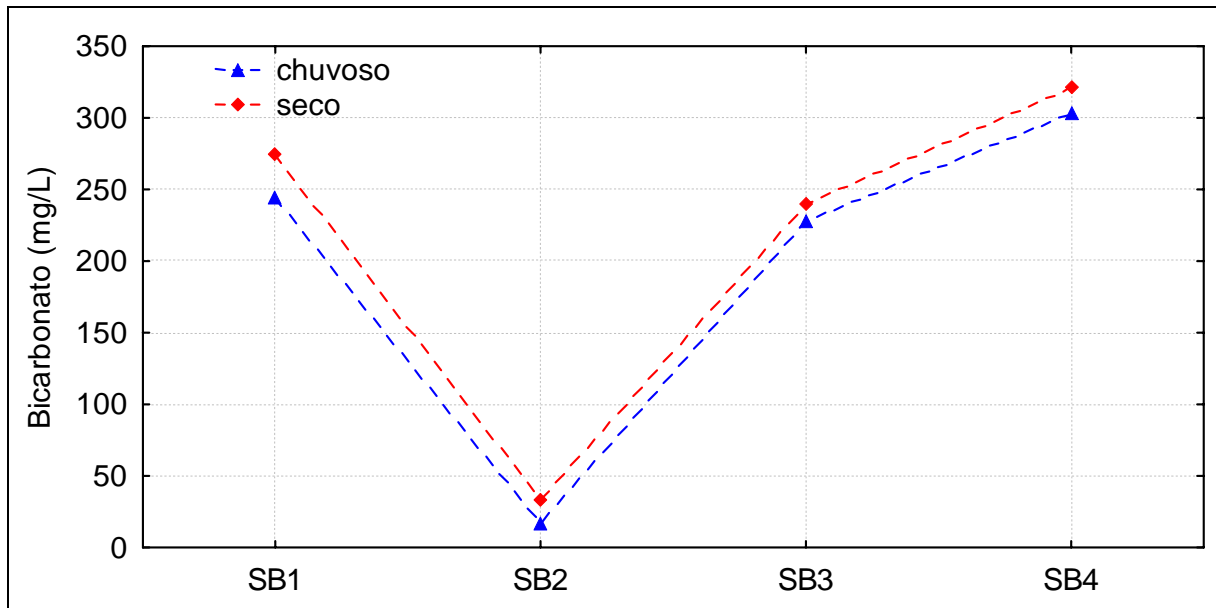


FIGURA 4.2.3.17 - Concentrações de bicarbonato verificadas nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Cálcio (mg/L) e Magnésio (mg/L)

Observou-se que o cálcio (Ca^{2+}) e o magnésio (Mg^{2+}) apresentaram uma variação sazonal similar nos corpos hídricos avaliados nesse estudo. Com isso, optou-se em apresentar a discussão dessa variação de maneira conjunta. Ressalta-se que a resolução CONAMA 357/2005 não estabelece padrões para esses parâmetros.

De acordo com Jarvie *et al.* (1997), geralmente os cátions cálcio e magnésio provêm do intemperismo de rochas carbonatadas e silicatos. Esses dois cátions apresentam papel fundamental na produtividade dos sistemas aquáticos. O cálcio é essencial para o crescimento de organismos fotossintetizantes aquáticos, sendo que sua ausência impede a agregação das células em algas coloniais. Já o magnésio participa na formação da molécula de clorofila, além de fazer parte de inúmeros processos metabólicos nas células, como por exemplo, o metabolismo do nitrogênio (ESTEVEES, 1998).

Em relação aos mananciais superficiais amostrados neste estudo (FIGURAS 4.2.3.18 e 4.2.3.19) observou-se que, da mesma maneira do bicarbonato, verificaram-se as maiores concentrações de cálcio e magnésio nos pontos SP5, SP6, SP7 e SP10, fato que também pode ser justificado pela influência das rochas do grupo Bambuí nos mananciais em que esses pontos estão situados.

Em relação ao efeito sazonal nas concentrações de cálcio, verificou-se variações significativas somente no ponto SP5, onde as concentrações foram superiores no período seco, fato que pode ser justificado pela extinção do efeito de diluição causado pela redução da incidência de águas pluviais nesse período, bem como pela redução das vazões que favorece uma maior contato da água do manancial com o substrato rochoso local.

Quanto ao magnésio, verificou-se que nos pontos 5 e 6 ocorreu um aumento das concentrações no período seco, que também se deve à redução da pluviosidade nesse período.

Já no ponto 7, verificou-se um acréscimo significativo das concentrações desse parâmetro no período chuvoso. Considerando que no período seco as concentrações de cálcio e magnésio se aproximaram aos valores verificados nos pontos amostrais situados na área de influência do complexo goiano, pode-se aferir que, apesar de existir na área de influência desse manancial, rochas calcárias que favorecem o aumento das concentrações de cálcio e bicarbonato, as mesmas não possuem em sua constituição teores representativos de magnésio.

Dessa maneira tem-se que as maiores concentrações de magnésio no referido ponto amostral devem-se a lixiviação desse íon presente nos horizontes mais superficiais do solo presente na área de influência desse ponto amostral.

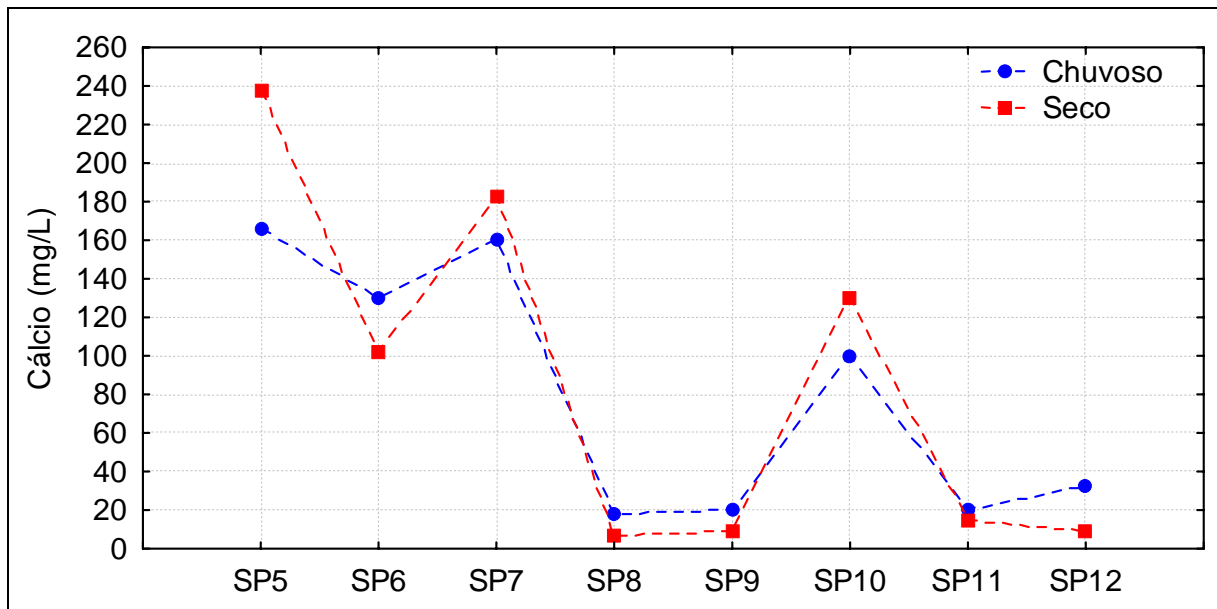


FIGURA 4.2.3.18 - Valores de cálcio verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

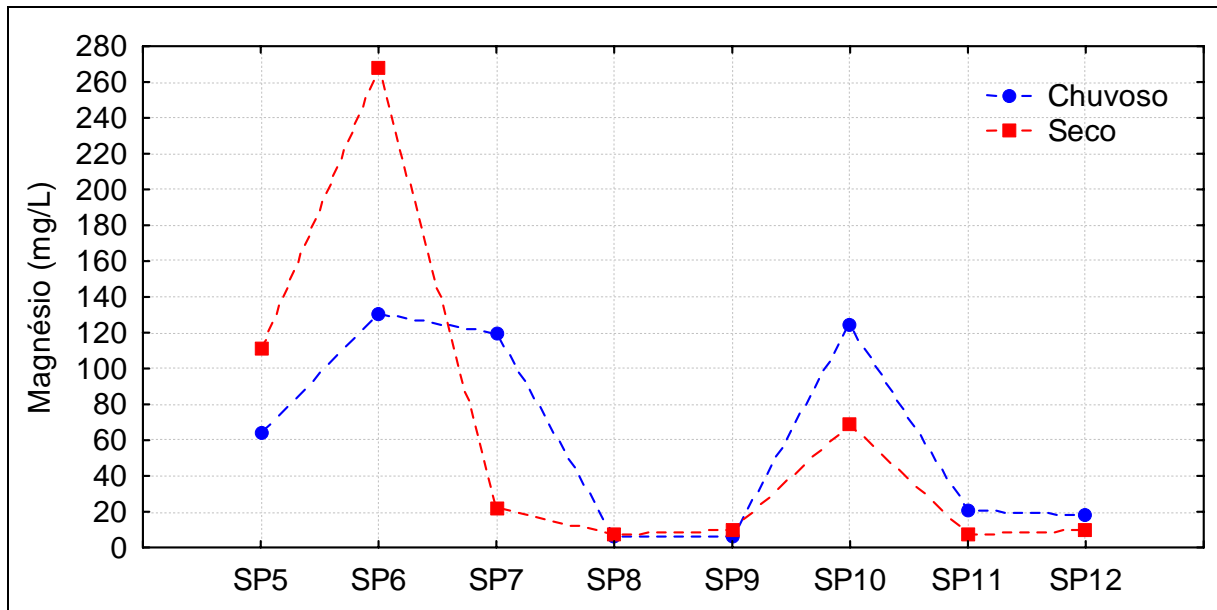


FIGURA 4.2.3.19 - Valores de magnésio verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Quanto aos pontos amostrais subterrâneos (FIGURA 4.2.3.20 e 4.2.3.21), observa-se que os pontos SB1, SB3 e SB4 apresentam as maiores concentrações cálcio e magnésio, enquanto que o ponto SB2 apresenta concentrações inferiores aos demais locais de coleta.

Quanto à variação sazonal para as amostras subterrâneas, observa-se que em relação às concentrações de cálcio, todos os pontos no período seco apresentaram concentrações maiores do que em relação ao período chuvoso, o que se deve à menor influência das águas pluviais e consequente redução do efeito de diluição das concentrações desse íon.

Em relação ao magnésio, os pontos SB1, SB3 e SB4 apresentaram um comportamento sazonal similar ao cálcio, sendo que o ponto SB2 não apresentou diferenciação significativa de concentrações entre os dois períodos.

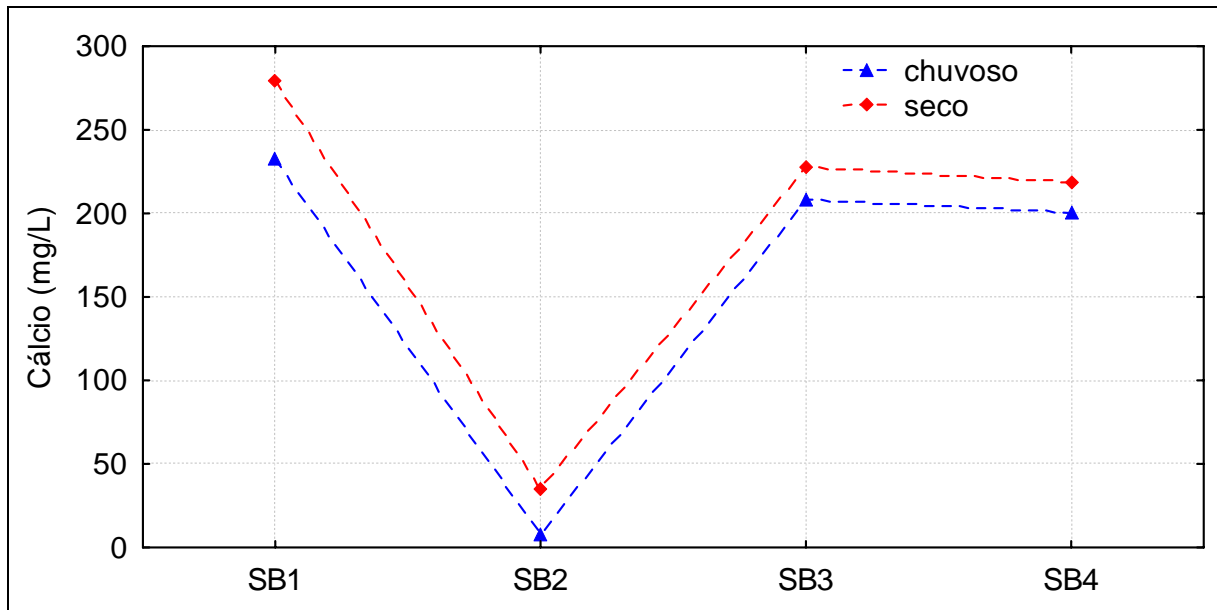


FIGURA 4.2.3.20 - Valores de cálcio verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

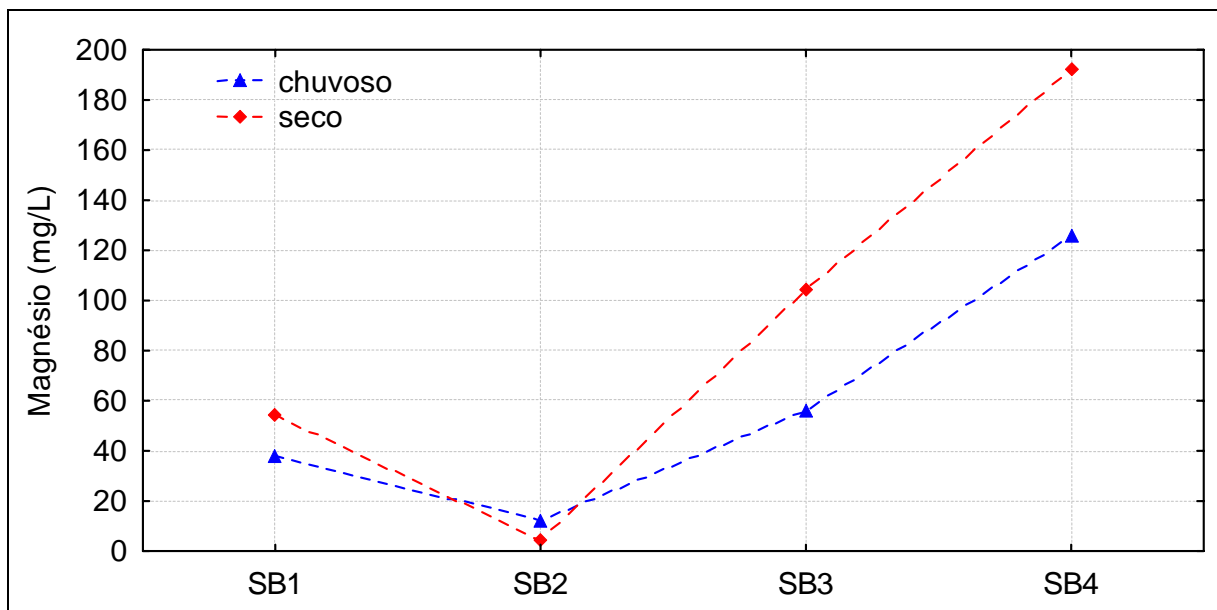


FIGURA 4.2.3.21 - Valores de magnésio verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Sulfato (mg/L)

De acordo com Fenzl (1986), o sulfato também é encontrado principalmente nos evaporitos (gipsita – eq e anidrita eq). O referido autor menciona que o SO_4^{2-} pode também ser encontrado na precipitação atmosférica, sendo que a origem dessa fonte provém de poeiras continentais, sais cíclicos e também de exalações industriais e vulcânicas. Além de estar presente na composição mineralógica de algumas rochas e dissolvido na precipitação atmosférica, a decomposição da matéria orgânica presente no solo corresponde à outra importante fonte de sulfato.

Em relação aos mananciais superficiais amostrados neste estudo (FIGURA 4.2.3.22), observou-se que, da mesma maneira do bicarbonato, cálcio e magnésio, verificaram-se as maiores concentrações nos pontos SP5, SP6, SP7 e SP10, fato que também pode ser justificado pela influência das rochas do grupo Bambuí nos mananciais em que esses pontos estão situados.

Ressalta-se que a Resolução 357/2005 estabelece o padrão de 250 mg/L deste parâmetro para águas de classe 2, sendo que todos os pontos amostrais apresentaram valores inferiores ao limite estabelecido.

Em relação ao efeito sazonal nas concentrações desse parâmetro, verificou-se que durante o período chuvoso nos pontos amostrais SP5, SP6, SP7 e SP10, quando se verifica a ocorrência de eventos pluviométricos mais intensos na região em estudo, nota-se uma elevação das concentrações desse íon. Essa elevação provavelmente correlaciona-se ao aporte de sulfato proveniente da lixiviação do horizonte orgânico superficial do solo.

Nos pontos SP8 e SP9, verificou-se a ocorrência de menores concentrações no período chuvoso. Provavelmente, na região de influência desses pontos amostrais não há uma camada orgânica expressiva no horizonte superficial do solo local. Desse modo, por não ocorrer lixiviação desse nutriente para os mananciais de influência dos referidos pontos amostrais, o aumento da pluviosidade favorece unicamente a diluição de suas concentrações.

Nos pontos SP11 e SP12 não foram verificadas variações significativas das concentrações durante os dois períodos sazonais.

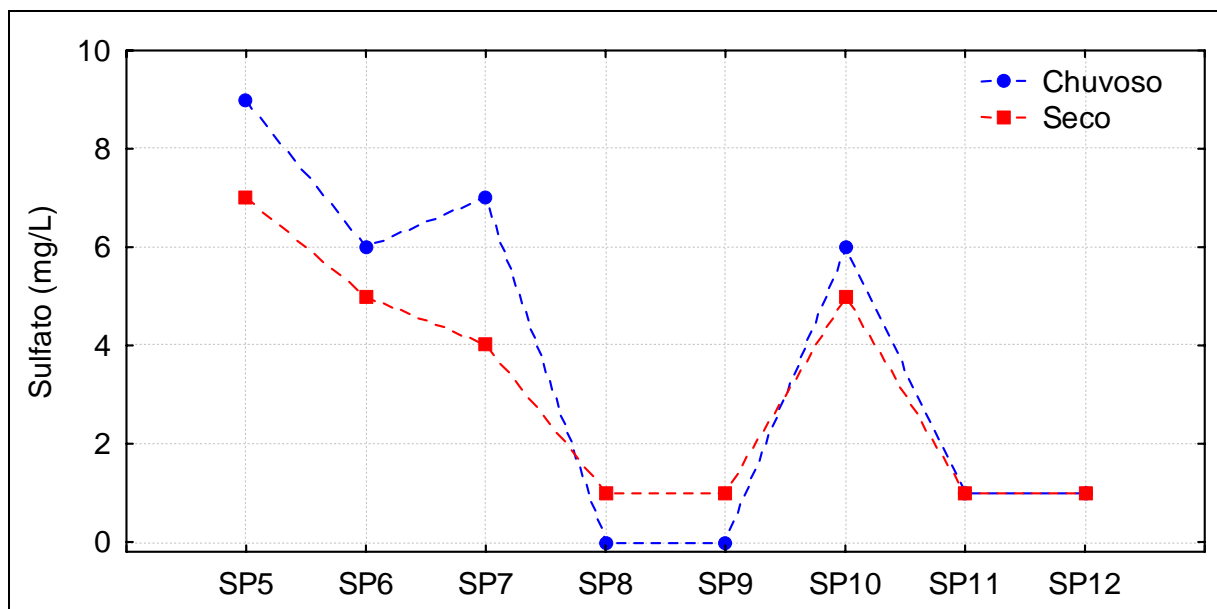


FIGURA 4.2.3.22 - Valores de sulfato verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Em relação às amostras subterrâneas (FIGURA 4.2.3.23), verificou-se que os pontos SB1, SB3 e SB4 apresentaram as maiores concentrações no período chuvoso, quando comparado

ao período seco, fato que provavelmente pode ser atribuído a lixiviação desse íon dos horizontes mais superficiais do solo (horizonte orgânico) para o lençol freático. Já o ponto SB2 apresentou um comportamento inverso, o que pode ser atribuído ao fato desse ponto corresponder a um afloramento do lençol.

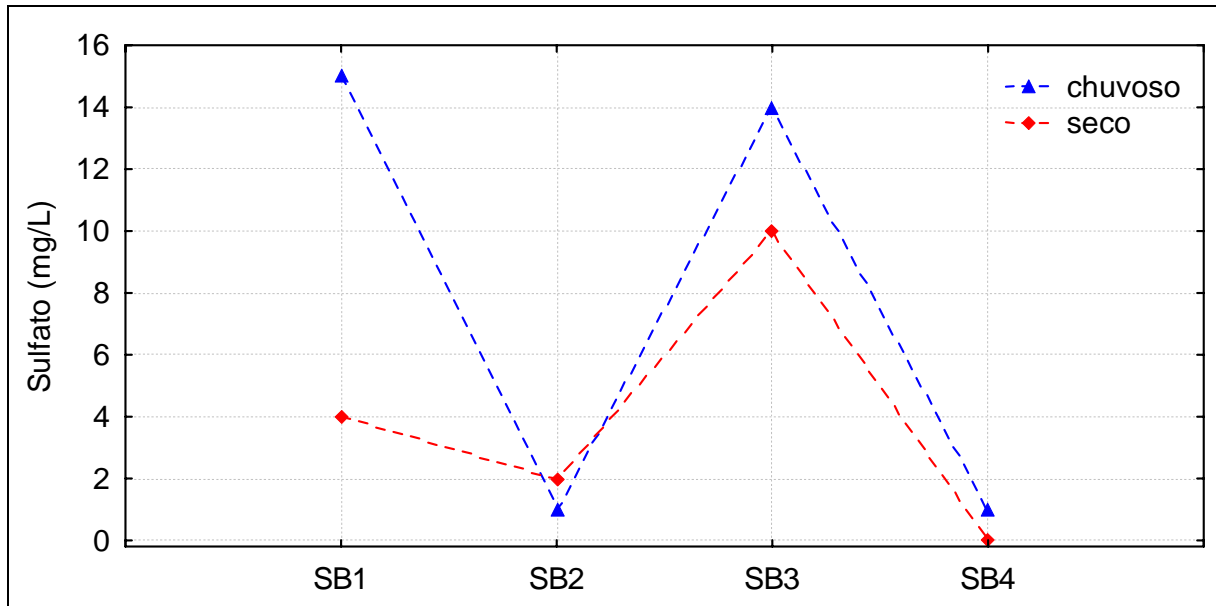


FIGURA 4.2.3.23 - Valores de sulfato verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Cloreto (mg/L)

Conforme apresentado por Fenzl (1986) e Gaillardet *et al.* (1997), a maior parte (aproximadamente 75%) do cloro presente na crosta terrestre encontra-se nos oceanos, sob a forma de cloreto, e provém principalmente de gases magmáticos e exalações vulcânicas do passado geológico da terra, sendo que somente uma pequena fração é advinda do intemperismo. Na litosfera, o cloreto é encontrado principalmente nos seguintes minerais: escapolito, sodalita, apatita, micas e anfibólios. Ressalta-se que devido à sua elevada mobilidade, esse íon é rapidamente lixiviado das rochas.

Nas águas superficiais além da dissolução das rochas são fontes importantes desse elemento as descargas de esgotos sanitários e os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas, tais como os provenientes da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, etc (CETESB, 2006).

Em relação ao cloreto não foram observadas variações significativas entre os pontos amostrais superficiais (FIGURA 4.2.3.24). Observa-se que para todos esses pontos as maiores concentrações foram identificadas durante o período seco, devido à redução das vazões que acarreta na minimização dos efeitos de diluição, bem como o maior contato da água dos mananciais em estudo com o substrato rochoso local.

Ressalta-se que os valores identificados encontram-se dentro das concentrações estabelecidas pela Resolução 357/05 (250 mg/L). As baixas concentrações identificadas

podem ser consideradas como um indicador da não ocorrência de despejos de efluentes nos mananciais superficiais em estudo.

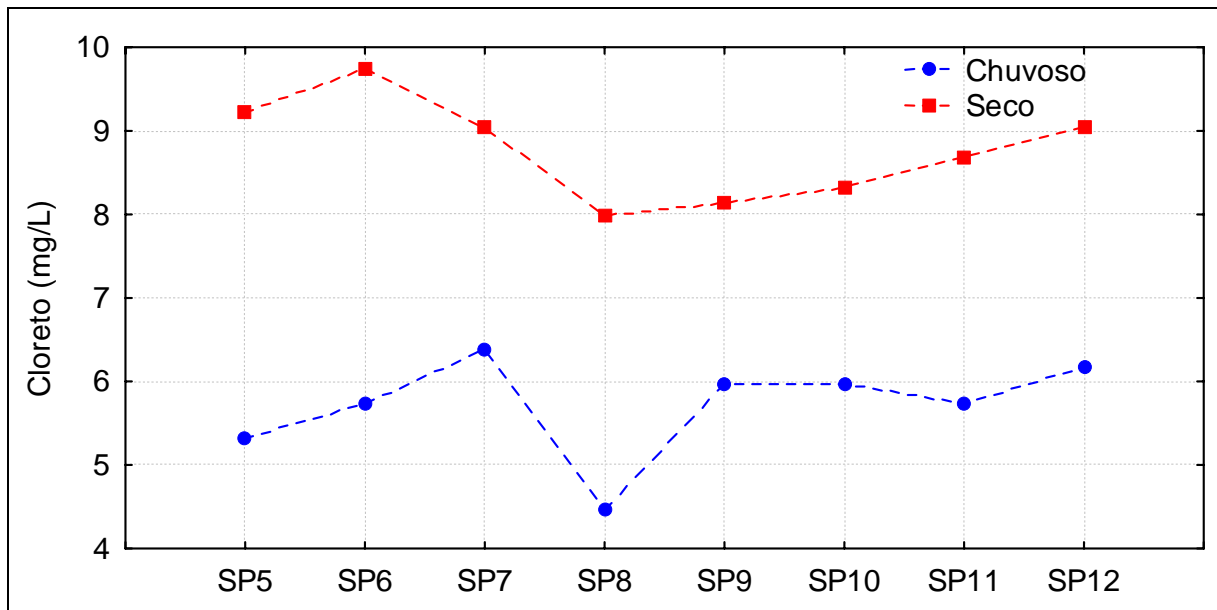


FIGURA 4.2.3.24 - Valores de cloreto verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Da mesma maneira que para os pontos de coleta superficiais, as amostras subterrâneas (FIGURA 4.2.3.25) apresentaram as maiores concentrações de cloreto durante o período seco, quando não se verifica o fenômeno de infiltração da água pluvial no solo, que é responsável pela diluição das concentrações desse ânion no período chuvoso.

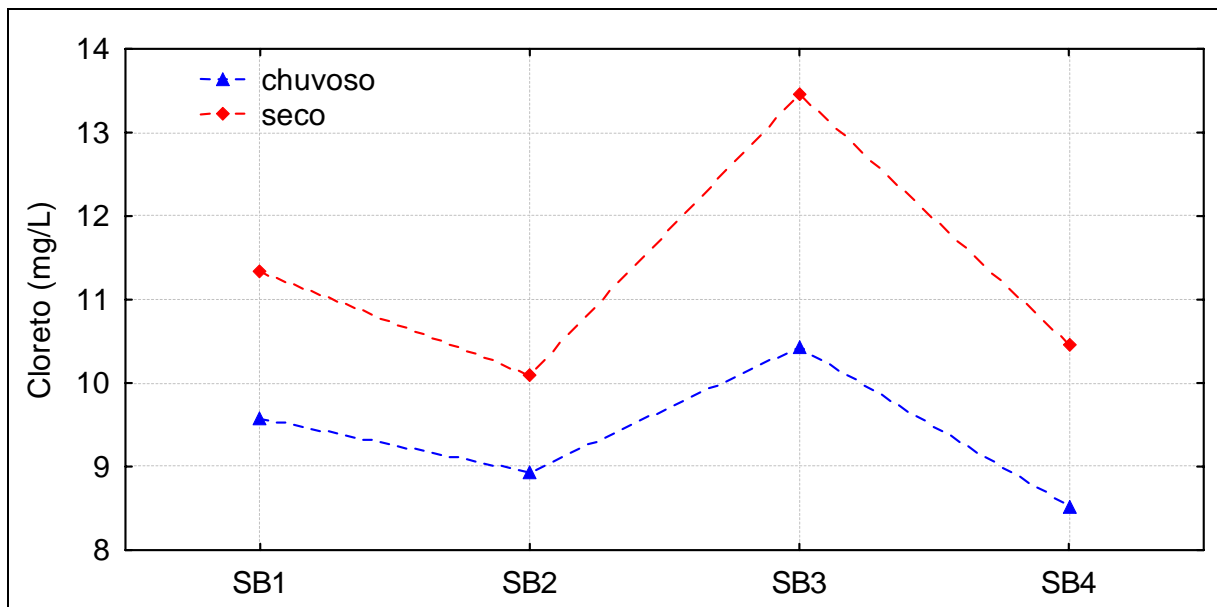


FIGURA 4.2.3.25 - Valores de cloreto verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Sódio (mg/L)

De acordo com Fenzl (1988), a principal fonte de sódio para os ambientes aquáticos é o intemperismo de rochas magmáticas e de silicatos.

Todas as águas naturais contêm alguma concentração de sódio, já que seus sais são altamente solúveis em água, podendo ser considerado um dos elementos mais abundantes na Terra (CETESB, 2007). O aumento dos níveis na água pode provir de esgotos, efluentes industriais, dentro outras fontes de poluição.

Concentrações de sódio em mananciais superficiais variam consideravelmente dependendo das condições geológicas do local e de eventuais descargas de efluentes. Ressalta-se que a Resolução CONAMA 357/2005 não estabelece valores máximos para este parâmetro.

As maiores concentrações observadas para esse parâmetro nos pontos amostrais superficiais (FIGURA 4.2.3.26) ocorreram nos pontos SP8, SP9, SP11 e SP12, sendo esses pontos aqueles situados sobre o Complexo Goiano, fato que indica que esse ambiente possui rochas com teores maiores de sódio do que o Grupo Bambuí.

Em relação à variação sazonal, observa-se que as maiores concentrações ocorrem durante o período chuvoso para todos os pontos, o que permite afirmar que a principal fonte desse cátion para os mananciais superficiais da área em estudo corresponde à lixiviação dos horizontes mais superficiais do solo.

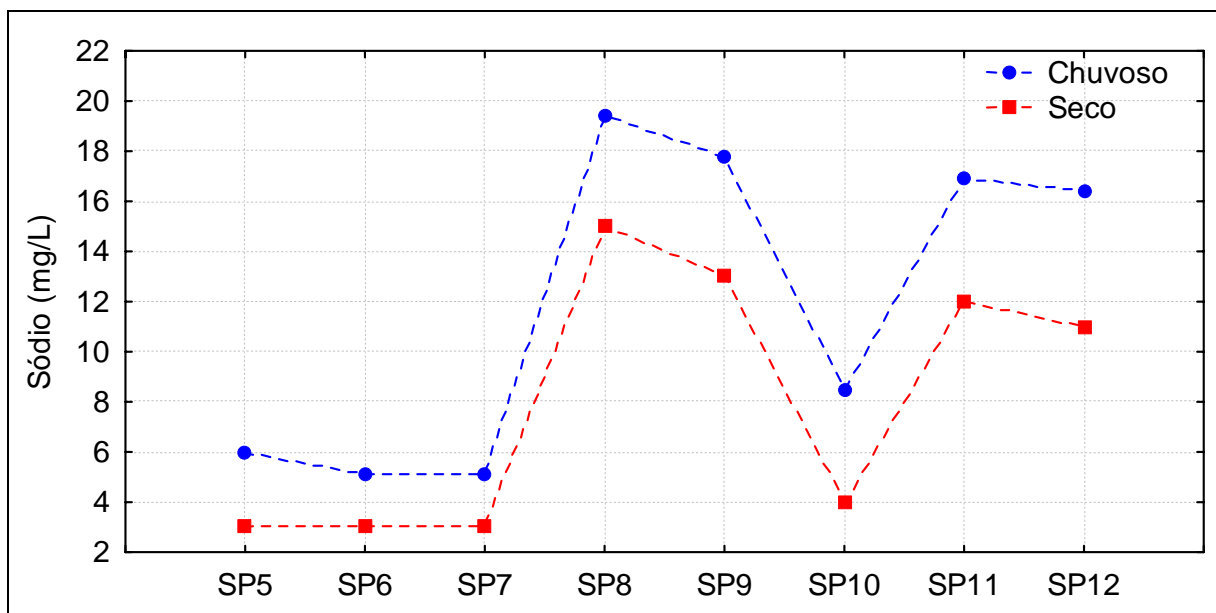


FIGURA 4.2.3.26 - Valores de sódio verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Em relação aos pontos de amostras de água subterrânea (FIGURA 4.2.3.27), novamente se observa as maiores concentrações de sódio nas amostras durante o período chuvoso, fato que revalida a afirmação realizada anteriormente de que a principal fonte desse cátion corresponde à lixiviação dos horizontes mais superficiais do solo.

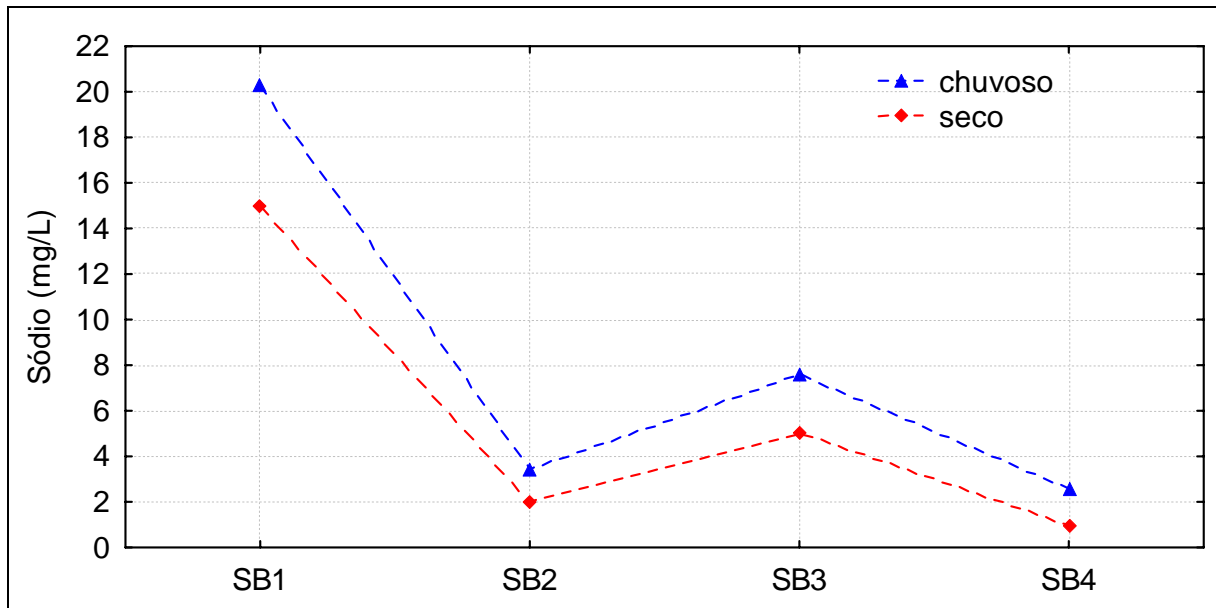


FIGURA 4.2.3.27 - Valores de sódio verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- **Potássio (mg/L)**

Uma importante fonte de potássio para os ambientes aquáticos é o intemperismo de rochas sedimentares, principalmente dos silicatos (JARVIE, 1997). De acordo com Fenzl (1986), a sua baixa representatividade justifica-se pelo fato desse elemento participar intensamente de processos de troca iônica, sendo facilmente adsorvido por argilas, participando também da formação de minerais secundários.

Ressalta-se ainda que sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura e está presente nas águas doces através de descargas industriais e lixiviação das terras agrícolas. O potássio é usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis. Este parâmetro é facilmente incorporado em estruturas minerais e acumulado pela biota aquática, pois é um elemento nutricional essencial. Concentrações em águas naturais são usualmente menores que 10 mg/L. Concentrações elevadas, da ordem de grandeza de 100 e 25.000 mg/L, podem indicar a ocorrência de fontes quentes e salmouras, respectivamente (CETESB, 2007). A Resolução CONAMA 357/2005 não estabelece valores máximos para este parâmetro.

Em relação aos pontos amostrais superficiais (FIGURA 4.2.3.28), verificou-se que as concentrações desse parâmetro apresentaram maiores valores nos pontos localizados sobre influência do Complexo Goiano (pontos SP8, SP9, SP11 e SP12).

Ao se avaliar a influência da sazonalidade climática nas concentrações desse parâmetro, observa-se que os maiores valores foram identificados durante o período chuvoso, o que permite afirmar que a principal fonte desse cátion para os mananciais superficiais da área em estudo corresponde à lixiviação dos horizontes superficiais do solo local. Ressalta-se que durante o período chuvoso acentua-se a diferença entre as concentrações verificadas

nos pontos sobre influência do Complexo Goiano (SP8, SP9, SP11 e SP12) e os que estão sobre influência do Grupo Bambuí (SP5, SP6, SP7 e SP10).

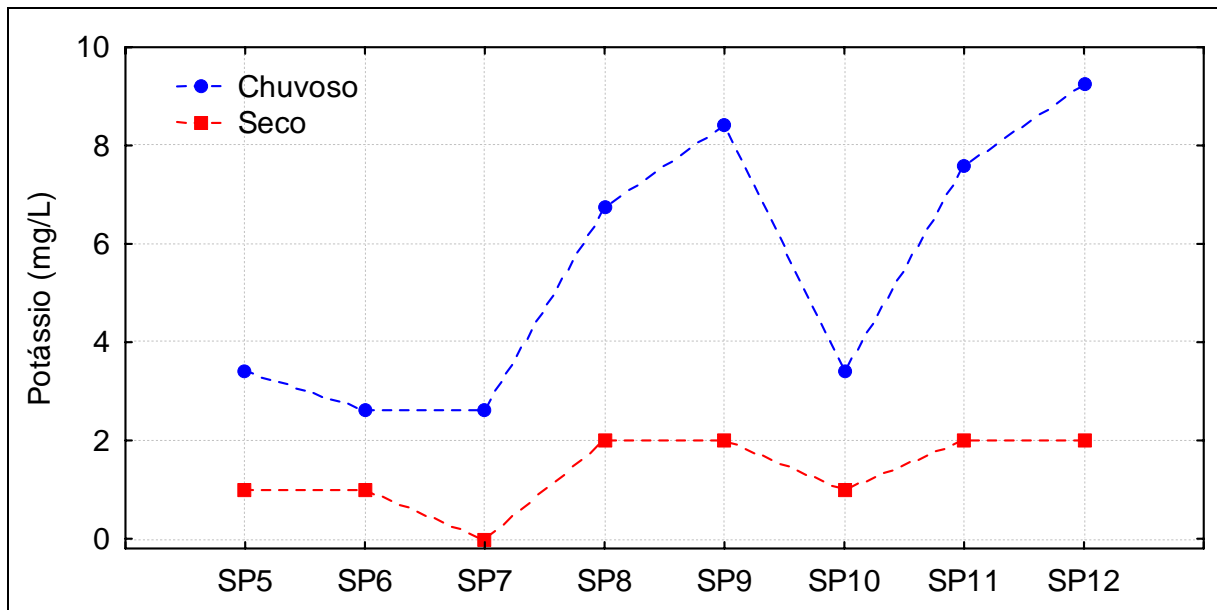


FIGURA 4.2.3.28 - Valores de potássio verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Em relação aos pontos de amostra de água subterrânea (FIGURA 4.2.3.29), novamente se observa que as maiores concentrações foram verificadas durante o período chuvoso, fato que confirma a lixiviação dos horizontes superficiais do solo como principal fonte de potássio nas águas.

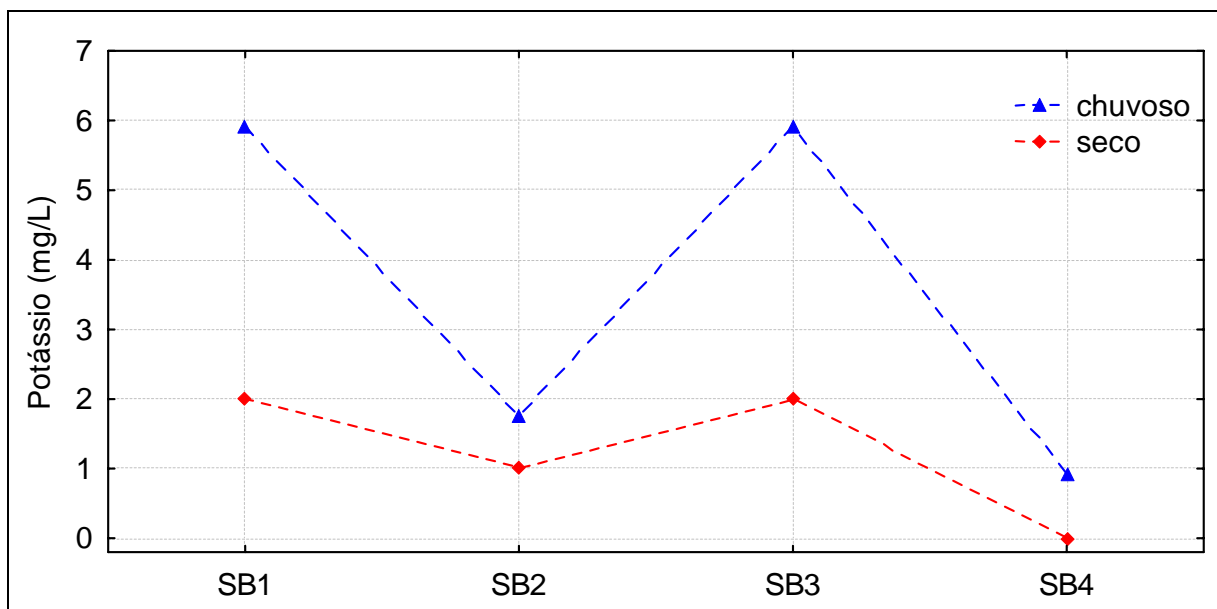


FIGURA 4.2.3.29 - Valores de potássio verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Ferro (mg/L)

O ferro está presente na forma insolúvel (Fe^{3+}) numa grande quantidade de tipo de solos. Na ausência do oxigênio dissolvido (ex: água subterrânea ou fundos de lagos e represas), ele se apresenta na forma solúvel reduzida (Fe^{2+}). Caso a água contendo a forma reduzida aumente a concentração de oxigênio dissolvido, o ferro volta a se oxidar à sua forma insolúvel (Fe^{3+}) que precipita, causando cor na água, além de manchar roupas durante lavagem (VON SPERLING, 2005).

As águas superficiais da área de influência do presente empreendimento (FIGURA 4.2.3.30) apresentaram concentrações de ferro que variaram entre 0,01 a 0,31 mg/L no período chuvoso e entre 0,0 e 0,21 mg/L no período seco. Excetuando-se o ponto SP11 no período chuvoso, verificou-se que os pontos amostrais apresentaram concentrações de ferro em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05, que estabelece como valor máximo para este parâmetro 0,3 mg/L.

Quanto ao ponto SP11 verifica-se que a concentração de ferro durante o período chuvoso é próximo ao limite estabelecido pela legislação vigente, não representando nenhuma alteração preocupante gerada por alguma fonte de poluição.

Ao se avaliar os efeitos da variação sazonal nas concentrações desse parâmetro, observa-se que, de maneira geral, os maiores valores foram identificados durante o período chuvoso, o que permite afirmar que a principal fonte desse cátion para os mananciais superficiais da área em estudo corresponde à lixiviação dos horizontes superficiais do solo local.

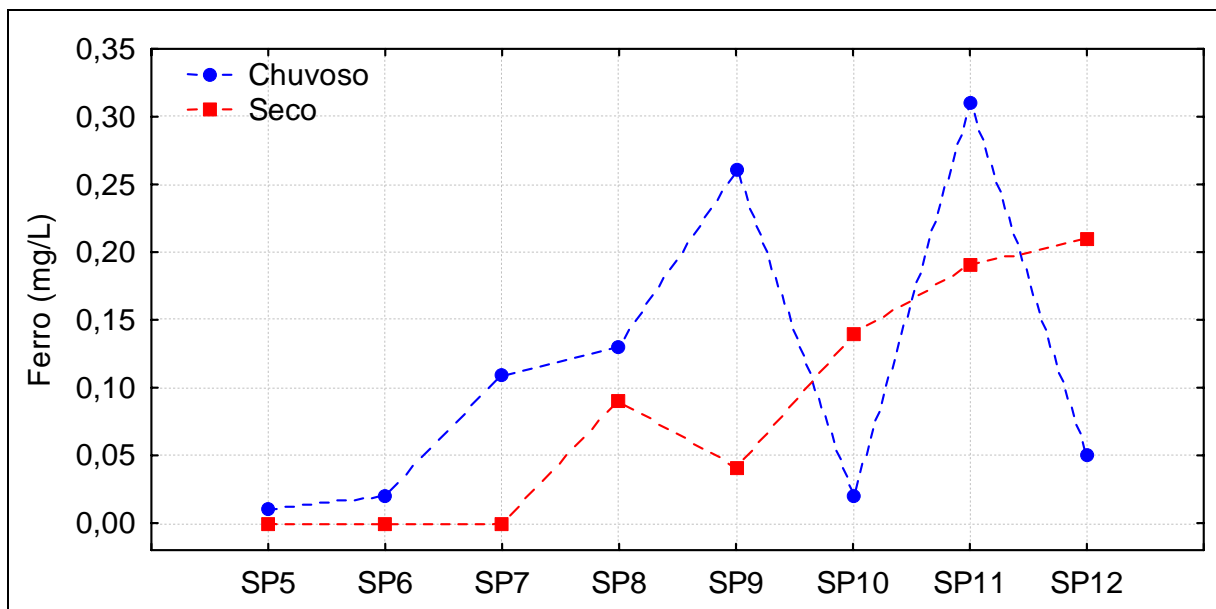


FIGURA 4.2.3.30 - Valores de ferro verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Em relação às amostras de água subterrânea (FIGURA 4.2.3.31), verifica-se que as concentrações, de maneira geral, apresentam valores aproximados entre os pontos amostrais bem como quando avaliado os efeitos da variação sazonal. Essa afirmação não é válida apenas para o ponto SB2, que durante o período seco, apresentou um valor

significativamente superior ao observado durante o período chuvoso. Considerando esse comportamento diferenciado, não se pode aferir que possa ser causado pela presença de um substrato com elevados teores de ferro, ou que se trata de uma falha analítica. Desse modo, recomenda-se uma avaliação futura durante o monitoramento da qualidade das águas superficiais na fase de implantação do empreendimento possibilitando um diagnóstico mais preciso.

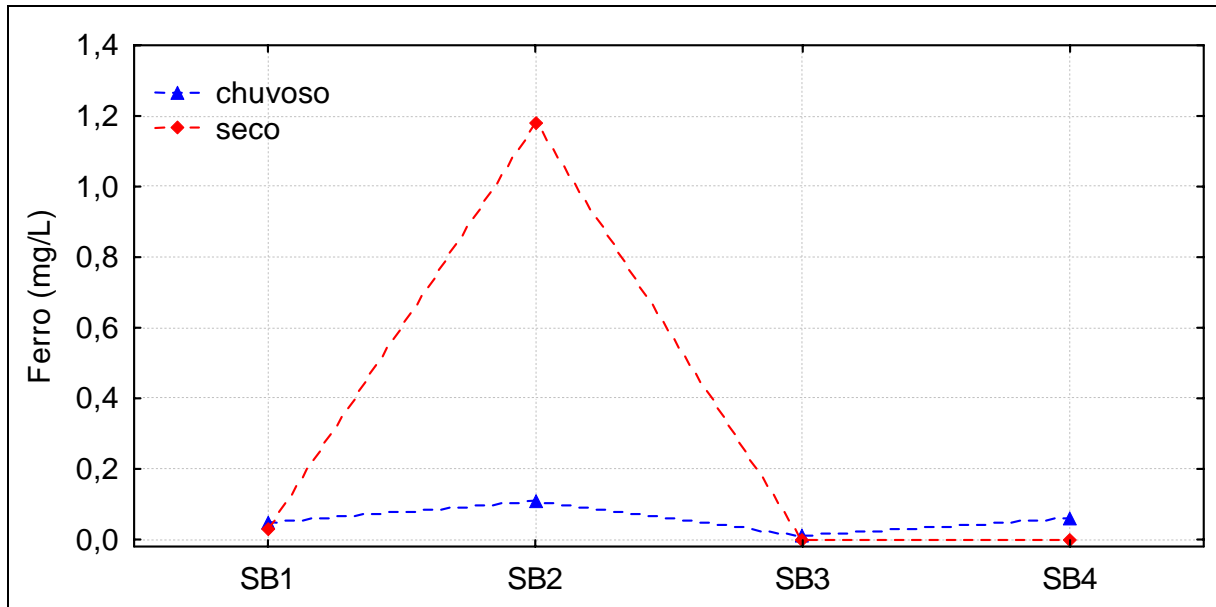


FIGURA 4.2.3.31 - Valores de ferro verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Manganês (mg/L)

O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em seus aspectos mais diversos. O manganês desenvolve coloração negra na água, apresentando-se nos estados de oxidação Mn^{+2} (forma mais solúvel) e Mn^{+4} (forma menos solúvel). A concentração de manganês menor que 0,5 mg/L geralmente é aceitável em mananciais, devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manifestações de manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água.

Observa-se que a maioria dos pontos amostrais superficiais (FIGURA 4.2.3.32) apresentaram resultados em conformidade ao limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 (0,1 mg/L) para águas Classe II. Somente os pontos 5 e 8 no período chuvoso e o ponto 8 no período seco apresentaram valores superiores ao estabelecido pela legislação vigente. Entretanto, por inexistir fontes de poluição na região que poderiam contribuir com o aumento das concentrações desse elemento nos mananciais em estudo, considera-se que as referidas concentrações podem ser atribuídas às características da geologia local.

Em relação à variação sazonal, a maioria dos pontos amostrais não apresentou variações significativas entre o período seco e chuvoso.

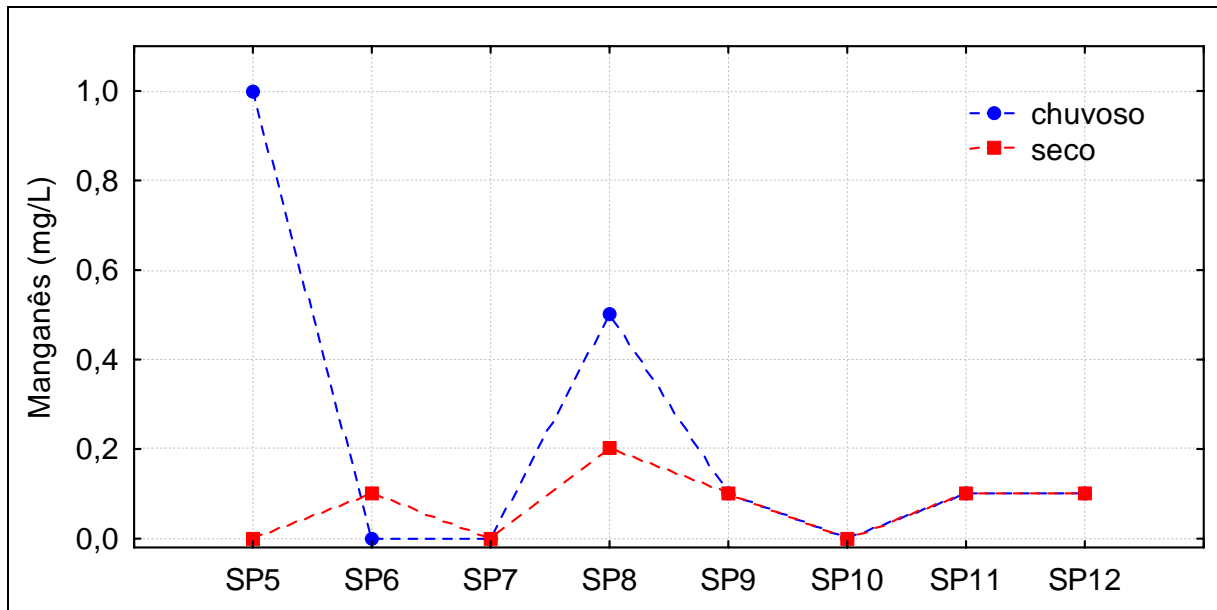


FIGURA 4.2.3.32 - Valores de manganês verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Em relação às amostras coletadas nos pontos subterrâneos (FIGURA 4.2.3.33), verificaram-se as maiores concentrações durante o período seco no ponto SB2 e no período chuvoso no ponto SB1. Ressalta-se que durante o esforço amostral avaliado não foi possível se observar nenhum padrão comportamental definido. Desse modo, durante a execução do Programa Básico Ambiental referente ao monitoramento da qualidade da água dos mananciais da área de influência do empreendimento recomenda-se a continuidade do monitoramento deste parâmetro.

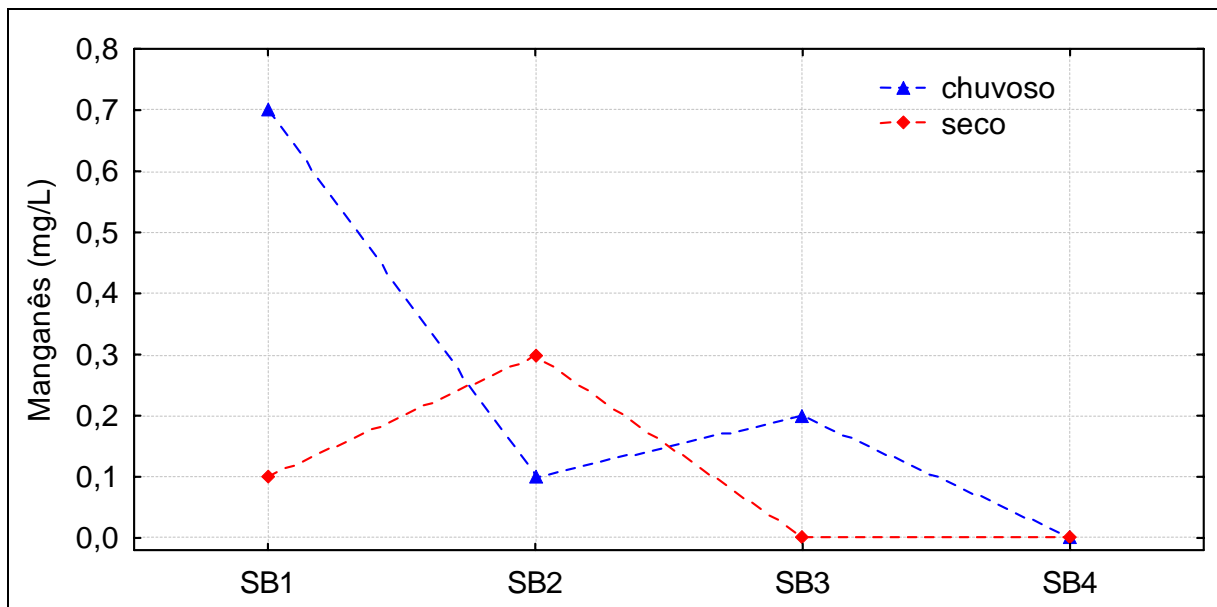


FIGURA 4.2.3.33 - Valores de manganês verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Fósforo Total (mg/L)

Na maioria das águas continentais, o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como principal responsável pela eutrofização artificial. Toda forma de fósforo presente nas águas naturais, quer na forma iônica, quer na forma complexada, encontra-se sob a forma de fosfato. Assim, em limnologia, deve-se utilizar esta denominação para se referir às diferentes formas de fósforo no ambiente aquático (ESTEVEES, 1998).

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece, para águas de classe 2, a concentração máxima de 0,050 mg/L para esse ambiente em ambiente intermediário (ponto 8) e 0,1 mg/L para ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários (pontos SP4, SP5, SP6, SP7, SP9, SP10, SP11 e SP12).

Em relação aos pontos amostrais superficiais foram observadas concentrações que oscilaram entre 0,17 e 0,45 mg/L no período chuvoso e entre 0,02 e 0,22 mg/L no período seco. Conforme observado na FIGURA 4.2.3.34, excetuando-se os pontos SP6, SP7 e SP8 no período seco, todos os pontos amostrais apresentaram valores que excedem o preconizado pela legislação em vigor. Considerando-se que a área de influência do empreendimento apresenta significativo potencial para exploração de fosfato, é possível afirmar que as concentrações identificadas podem ser atribuídas às características geológicas da região.

Quanto à variação sazonal desse parâmetro, observa-se que a lixiviação dos horizontes superficiais do solo da região, proporcionada pela incidência de águas pluviométricas, proporciona o principal aporte de fósforo para os mananciais da região.

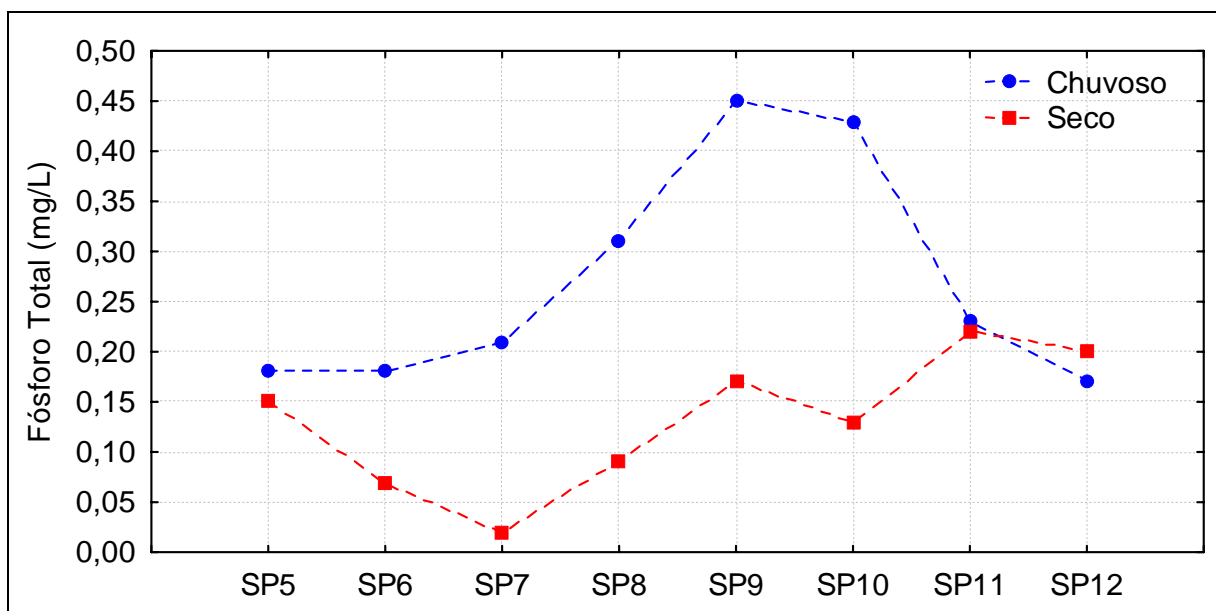


FIGURA 4.2.3.34 - Valores de fósforo total verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Em relação aos pontos amostrais subterrâneos (FIGURA 4.2.3.35), foram observadas concentrações que oscilaram entre 0,02 e 0,81 mg/L no período chuvoso e entre 0,08 e 0,68 mg/L no período seco.

Quanto à variação sazonal desse parâmetro, observa-se que, excetuando-se o ponto SB2 (cacimba), as maiores concentrações foram encontradas durante o período chuvoso, fato que pode ser justificado pela lixiviação dos horizontes superficiais do solo da região nesse período.

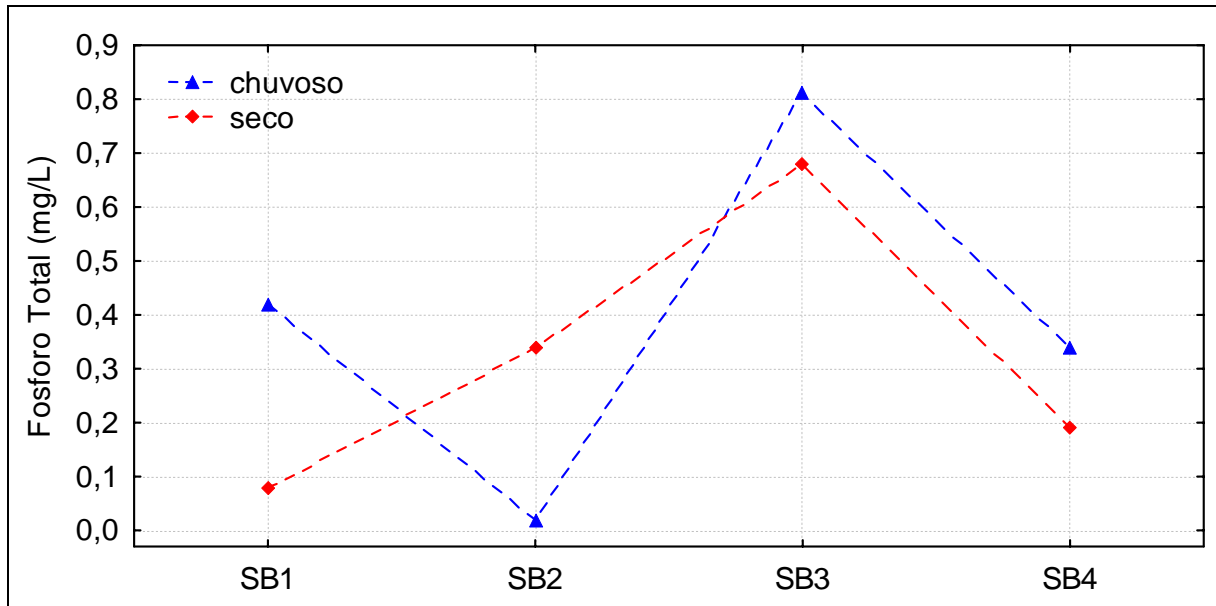


FIGURA 4.2.3.35 - Valores de fósforo total verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Nitrogênio (mg/L)

O Nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância se deve principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos (ESTEVEES, 1998).

As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: a chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular no próprio manancial. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, por exemplo: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc.), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), etc. Dentre as diferentes formas, o nitrato, juntamente com a amônia, assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVEES, 1998).

Além das formas inorgânicas de nitrogênio, os produtores primários podem assimilar formas orgânicas como: uréia, aminoácidos, peptídeos, etc. Estes compostos, juntamente com outros (muitos deles quimicamente ainda não identificados), formam um grupo de compostos genericamente denominado de nitrogênio orgânico dissolvido.

As principais fontes de nitrogênio orgânico dissolvido são: lise celular (por senescência e herbivoria), decomposição e excreção pelo fitoplâncton e macrófitas aquáticas. Schell (1974) calculou, a partir de experimentos em culturas, que 10% do nitrogênio assimilado pelo fitoplâncton são devolvidos ao meio como nitrogênio orgânico dissolvido. No fitoplâncton, destacam-se as cianofíceas, como as principais excretoras de compostos nitrogenados; dentre estes, peptídeos e polipeptídeos (McCARTHY, 1980 citado por ESTEVES, 1998).

Somente quando a concentração das formas inorgânicas de nitrogênio atinge valores muito baixos ou é esgotada, as formas orgânicas são aproveitadas.

O nitrito é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados. Em ambientes anaeróbios, como o hipolimnion de lagos eutróficos em período de estratificação, pode-se encontrar altas concentrações deste íon. O nitrito representa uma fase intermediária entre a amônia (forma mais reduzida) e nitrato (forma mais oxidada) (ESTEVES, 1998).

Segundo McCarthy e Goldman (1979) citado por Esteves (1998), o fitoplâncton pode assimilar nitrito, em caso de escassez do íon amônio e nitrato. Neste caso, o nitrito é reduzido, no interior da célula, amônio, por meio da enzima nitrito-redutase. Em altas concentrações, o nitrito é extremamente tóxico à maioria dos organismos aquáticos.

O íon amônio (NH_4^+) é muito importante para os organismos produtores, especialmente porque sua absorção é energeticamente mais viável. Para este íon, não há necessidade de redução no interior da célula, como ocorre com o nitrato, que é reduzido pela nitrato-redutase até amônio. Sua concentração nas camadas onde se encontra o fitoplâncton é, geralmente, muito baixa. Daí o fato do nitrato constituir-se, na maioria dos casos, como a principal fonte de nitrogênio para os vegetais aquáticos. O íon amônio também pode ser encontrado na sua forma não dissolvida, como hidróxido de amônio (NH_4OH). A relação NH_4^+ ; para NH_4OH , no meio, é função principalmente do pH, por exemplo, em pH 6 a relação amônio/hidróxido de amônio é 3000:1; em pH 7, 300:1; em pH 8, 30:1 e em pH 9.5 1:1 (HUTCHINSON, 1957 citado por Esteves, 1998).

Com o intuito de complementar a caracterização dos mananciais, objeto deste estudo, foram avaliadas as concentrações das principais formas inorgânicas do nitrogênio.

Em relação aos pontos superficiais, durante o período chuvoso (FIGURA 4.2.3.36) a espécie predominante avaliada em todos os pontos de coleta corresponde ao nitrato, cujos valores oscilaram entre 0,1 e 1,1 mg/L. Após o nitrato, a amônia apresenta as maiores concentrações, que por sua vez variaram entre 0,04 e 0,19 mg/L. Como já esperado, por se tratar de uma forma instável de nitrogênio, o íon nitrogenado que demonstrou os menores valores corresponde ao nitrito, os mesmos variaram de 0,001 a 0,004 mg/L.

Ressalta-se que o fato do nitrato corresponder a forma predominante de nitrogênio, bem como as baixas concentrações de amônia verificadas, permite afirmar que não ocorrem aportes significativos de matéria orgânica durante o período chuvoso, o que corrobora com as baixas concentrações de DBO identificadas.

Observa-se ainda que todos os valores encontrados durante esse período estão em conformidade ao estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 (Nitrato: 10 mg/L; Amônia: 3,7 mg/L e Nitrito: 1 mg/L).

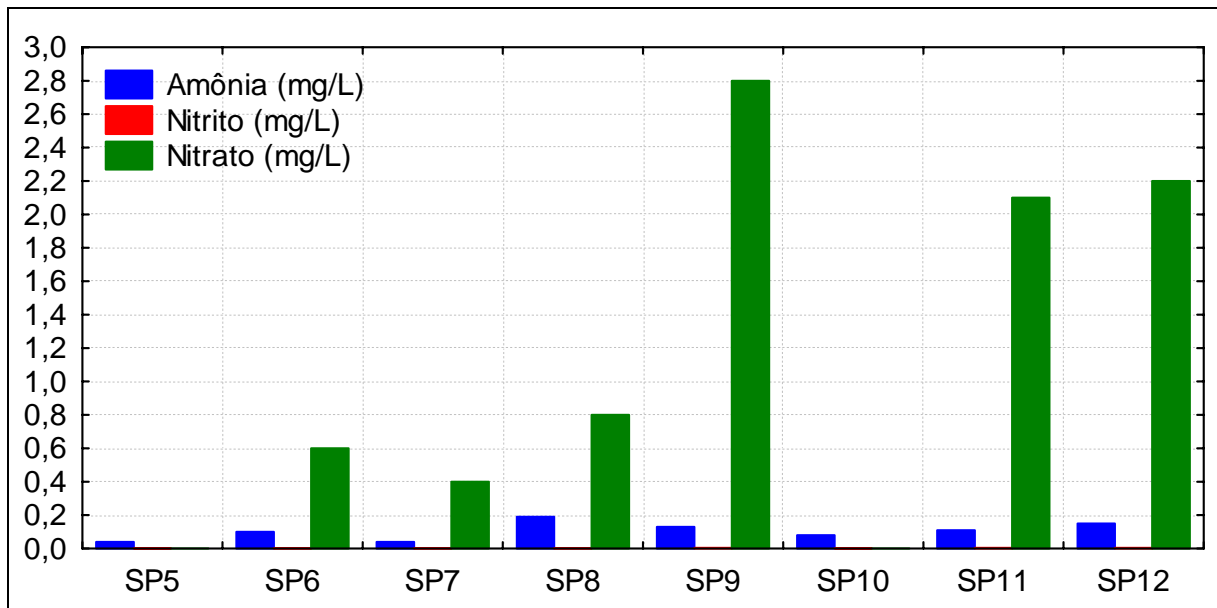


FIGURA 4.2.3.36 - Espécies de Nitrogênio avaliadas nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento (período chuvoso).

Em relação aos pontos superficiais durante o período seco (FIGURA 4.2.3.37), dentre as espécies avaliadas a predominante nos pontos SP5, SP6, SP7 e SP9 corresponde ao nitrato, cujos valores oscilaram entre 0,1 e 1,0 mg/L. A amônia apresenta predominância nas concentrações nos pontos SP10, SP11 e SP12, que por sua vez variaram entre 0,13 e 1,4 mg/L. Ressalta-se que o ponto SP8 apresentou as mesmas concentrações para nitrato e amônia. O nitrito nesse período também apresentou os menores valores, os mesmos variaram de 0,001 a 0,004 mg/L.

Observa-se ainda que todos os valores encontrados durante esse período estão em conformidade ao estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 (Nitrato: 10 mg/L; Amônia: 3,7 mg/L e Nitrito: 1 mg/L).

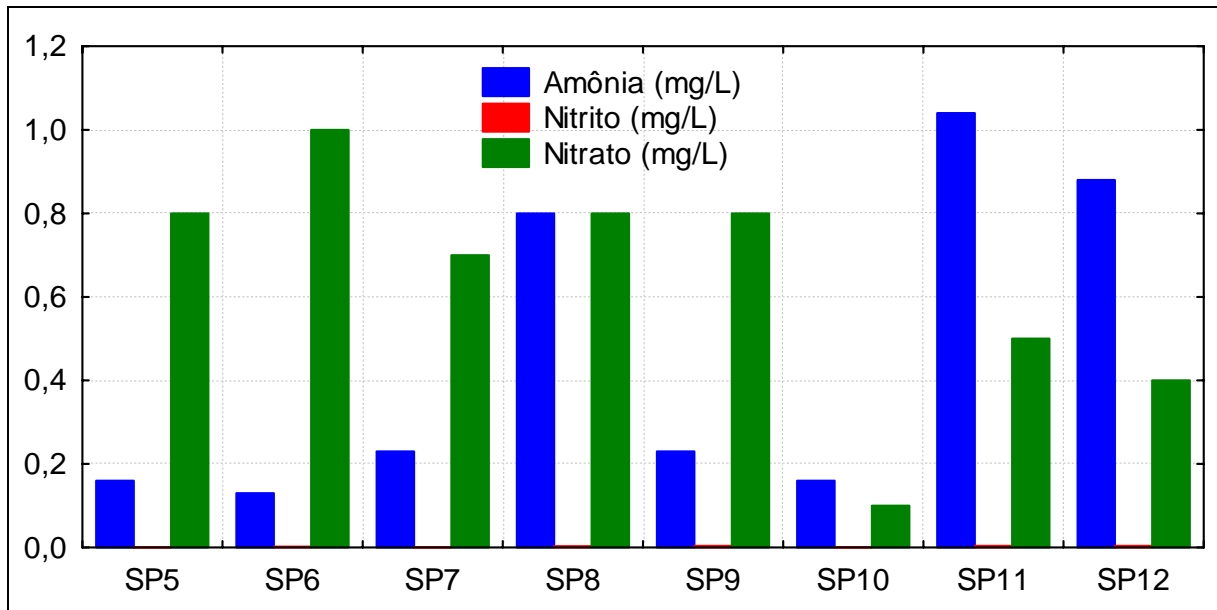


FIGURA 4.2.3.37 - Espécies de Nitrogênio avaliadas nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento (período seco).

Em relação às amostras subterrâneas, durante o período chuvoso observou-se que a espécie predominante em todos os pontos corresponde ao nitrato (FIGURA 4.2.3.38), cujos valores oscilaram entre 0,6 e 2,6 mg/L. Após o nitrato, a amônia apresenta as maiores concentrações, que por sua vez variaram entre 0,038 e 0,154 mg/L. Como já esperado, por se tratar de uma forma instável de nitrogênio, o íon nitrogenado que demonstrou os menores valores corresponde ao nitrito, os mesmos variaram de 0,0005 a 0,0016 mg/L.

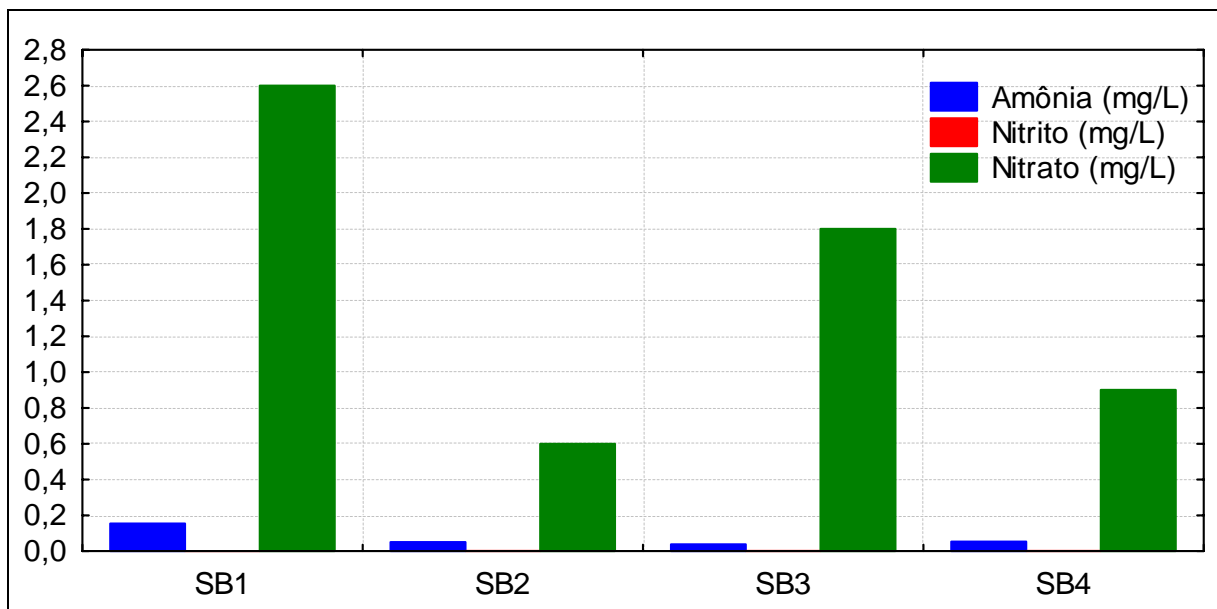


FIGURA 4.2.3.38 - Espécies de Nitrogênio avaliadas nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento (período chuvoso)

Em relação aos pontos subterrâneos durante o período seco (FIGURA 4.2.3.39), dentre as espécies avaliadas, a predominante nos pontos SB1, SB2 e SB3 corresponde ao nitrato, cujos valores oscilaram entre 0,3 e 1,3 mg/L. A amônia apresenta predominância nas

concentrações no ponto SB2, que por sua vez variaram entre 0,06 e 0,69 mg/L. O nitrito nesse período também apresentou os menores valores, os mesmos variaram de 0,00 a 0,003 mg/L.

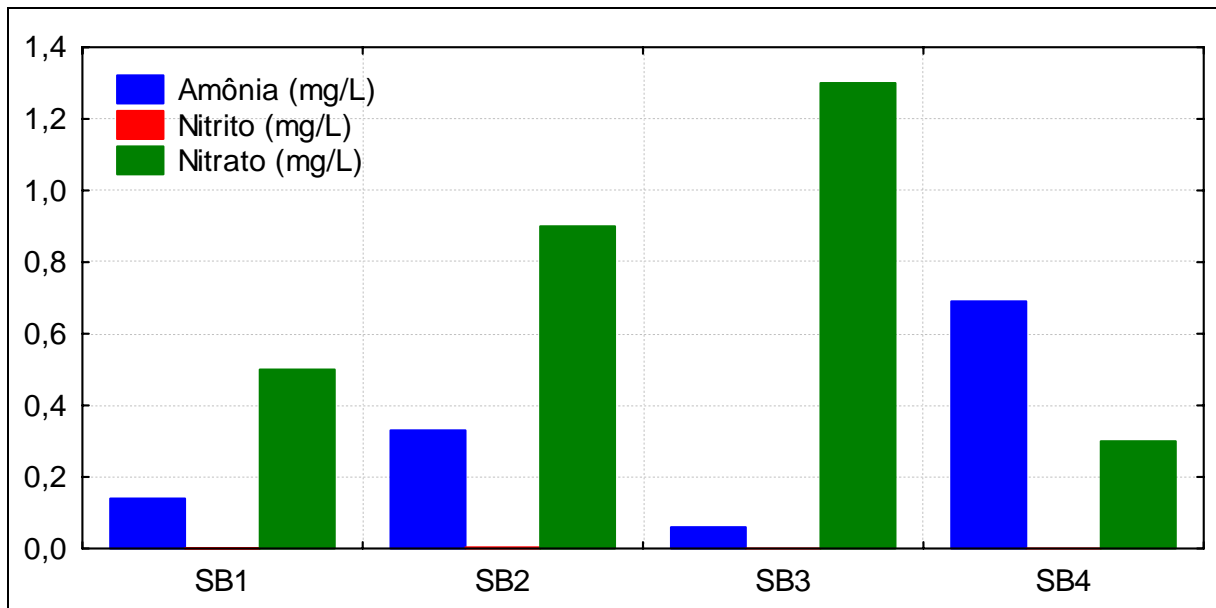


FIGURA 4.2.3.39 - Espécies de Nitrogênio avaliadas nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento (período seco).

- **Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)**

Conforme Carvalho (1994), os sólidos dissolvidos correspondem à fração de matéria sólida passível de se solubilizar em meio aquoso.

Em relação aos pontos amostrais localizados em mananciais superficiais (FIGURA 4.2.3.40) observa-se que as concentrações durante o período chuvoso oscilaram entre 32 e 364 mg/L, enquanto que durante o período seco entre 24,1 e 265 mg/L. Considerando que a resolução CONAMA 357/2005 preconiza uma concentração máxima de 500 mg/L para águas de classe 2, observa-se que todos os pontos amostrais apresentaram valores inferiores ao limite estabelecido pela referida resolução.

Quanto à variação sazonal desse parâmetro nos pontos de amostragem superficial, durante o período chuvoso observaram-se as maiores concentrações, fato que pode ser justificado pelo maior aporte de matéria sólida para os mananciais em estudo, devido à lixiviação de partículas causada pela incidência pluviométrica.

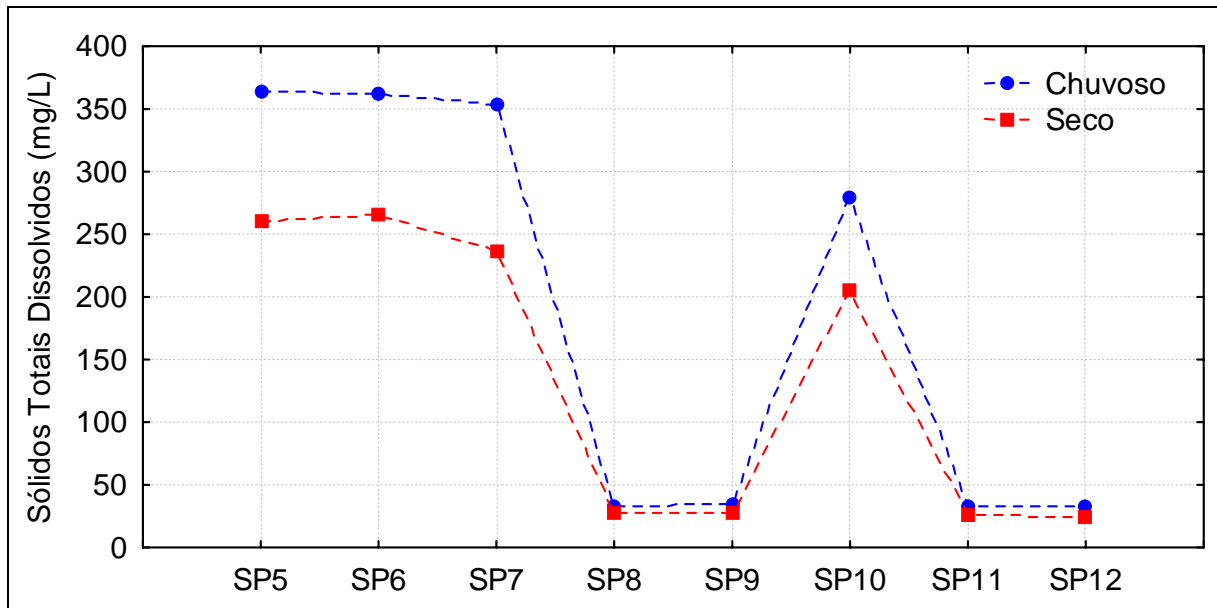


FIGURA 4.2.3.40 - Valores de Sólidos Totais Dissolvidos verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Em relação às amostras de água subterrânea (FIGURA 4.2.3.41), observa-se que as concentrações durante o período chuvoso oscilaram entre 8,1 e 32,3 mg/L, enquanto que durante o período seco entre 28,2 e 271 mg/L.

Quanto à variação sazonal desse parâmetro nos pontos de amostragem subterrâneos, observou-se durante o período seco as maiores concentrações, fato que pode ser justificado pela redução do efeito da diluição causado pela interrupção das chuvas nesse período.

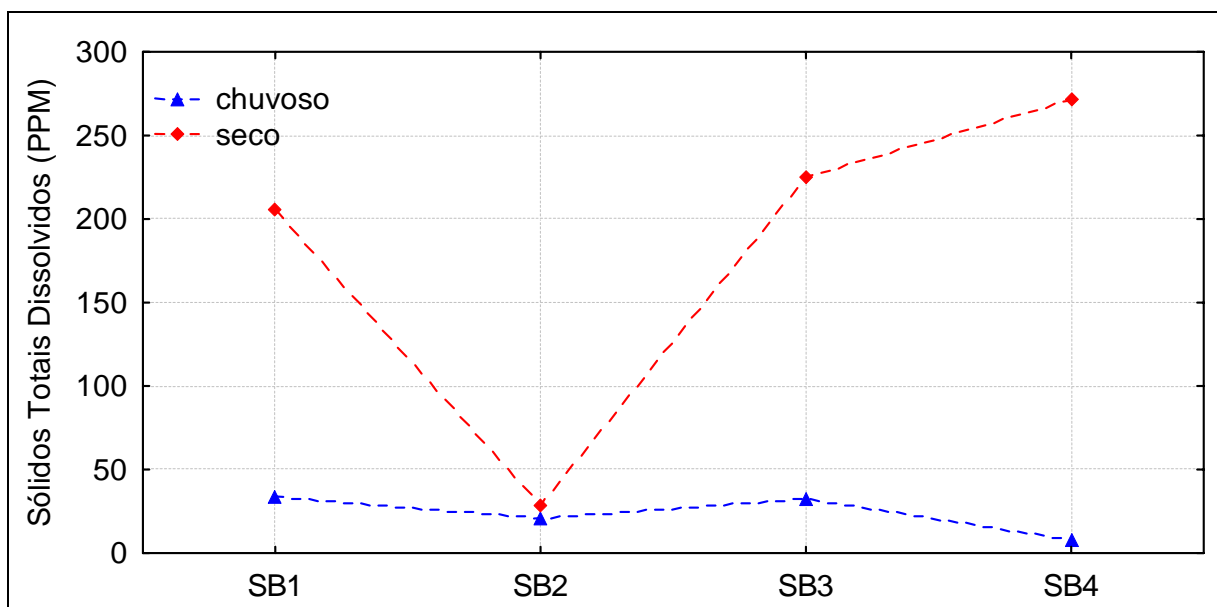


FIGURA 4.2.3.41 - Valores de Sólidos Totais Dissolvidos verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- Cor (Pt/L)

A cor é resultado da interação da luz com o material sólido dissolvido no meio líquido. Sua origem pode ser natural (decomposição da matéria orgânica gerando ácido húmico e fúlvico,

ou pela presença de Fe ou Mn) ou antrópica (resíduos industriais como corantes ou esgotos domésticos). Quando de origem natural, não representa risco direto à saúde, todavia a cloração da água contendo Matéria Orgânica (responsável pela cor) pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos - ex: clorofórmio). Já a cor de origem industrial pode ou não ser tóxica. Este parâmetro é utilizado geralmente para a caracterização de águas brutas e tratadas (CETESB, 2006).

A cor aparente inclui a turbidez, após centrifugação ou filtração, elimina-se o material suspenso presente nas amostras e se obtém a cor verdadeira. A cor produzida por 1mg/L de platina em combinação com 0,5mg/L de cobalto metálico, é considerada a unidade padrão de cor (coloração amarela amarronzada) (CETESB, 2006).

Nos pontos amostrais superficiais (FIGURA 4.2.3.42) avaliados, observou-se que a cor oscilou entre 4 a 44 Pt/L no período chuvoso e entre 6 e 63 Pt/L no período seco. Esses valores encontram-se de acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05, que estabelece 75 Pt/L como valor máximo para este parâmetro.

Quanto à variação sazonal foi possível verificar que os maiores valores foram identificados durante o período seco, quando a combinação dos elementos responsáveis pela atribuição de cor à água analisada se demonstrou mais representativa.

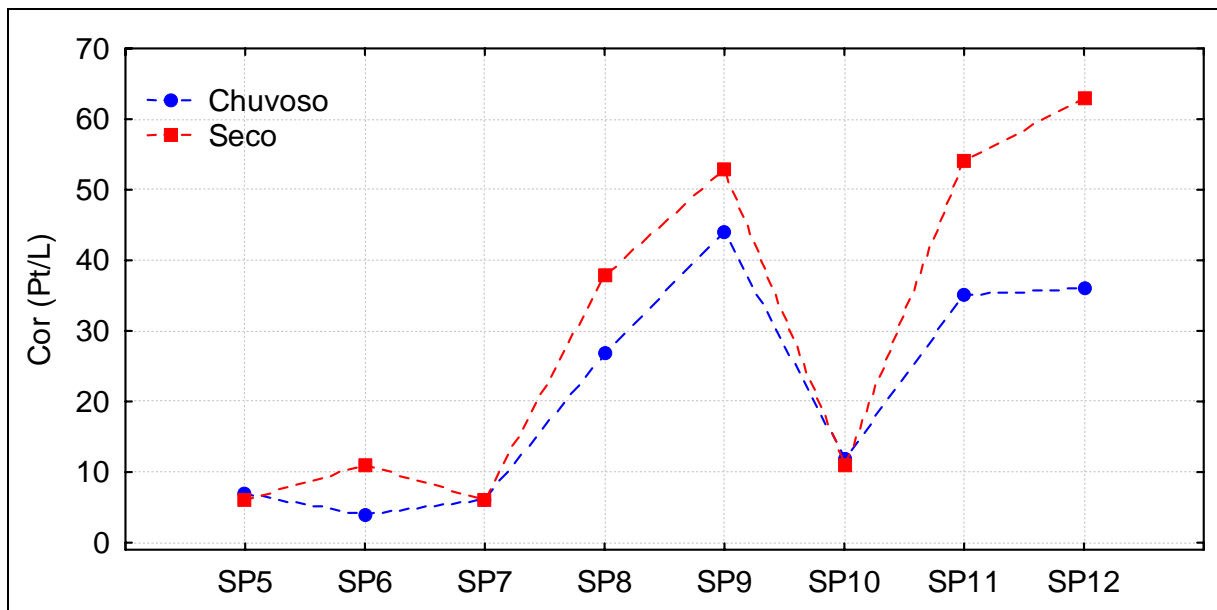


FIGURA 4.2.3.42 - Valores de cor verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento.

Nos pontos amostrais subterrâneos avaliados (FIGURA 4.2.3.43), observou-se que a cor oscilou entre 2 a 11 Pt/L no período chuvoso e entre 06 e 46 Pt/L no período seco.

Quanto à variação sazonal foi possível verificar que os maiores valores, de maneira geral, foram identificados durante o período seco, quando a combinação dos elementos responsáveis pela atribuição de cor à água analisada se demonstrou mais representativa.

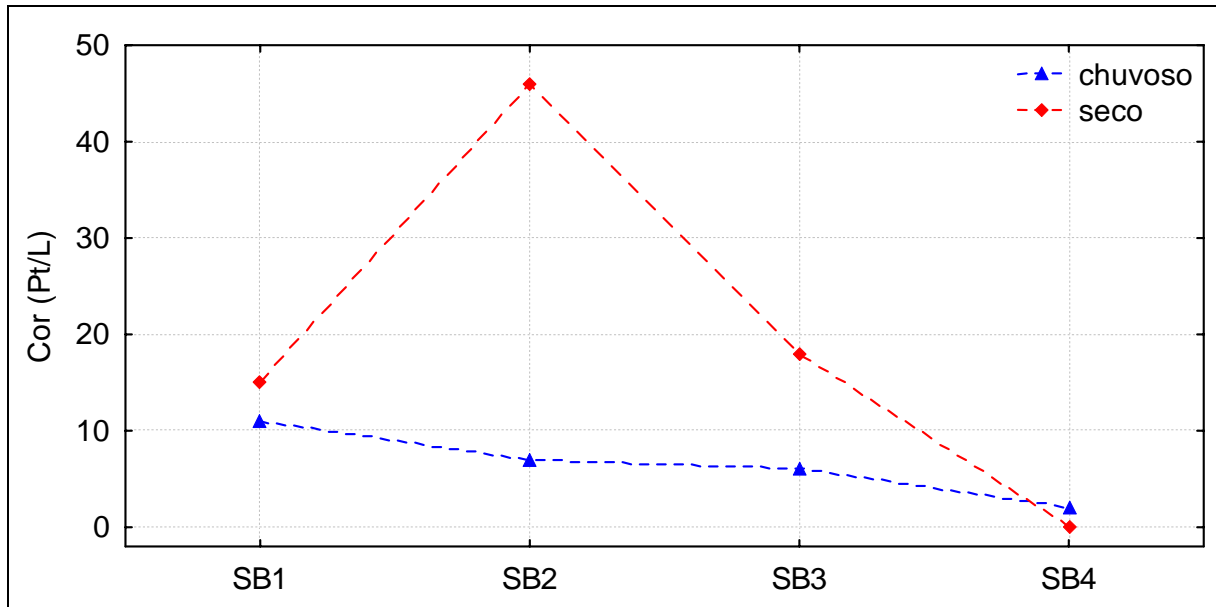


FIGURA 4.2.3.43 - Valores de cor verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- **Sólidos Suspensos (mg/L)**

Os problemas derivados dos sedimentos se avolumam a medida que há maior desenvolvimento e ocupação do espaço geográfico, tanto do ponto de vista da remoção como do ponto de vista da sedimentação (CARVALHO, 1994). Christofolletti (1981) e Carvalho (1994) citam que, em geral, a carga em suspensão é a fração mais fina do material do leito (silte e argila) e é mantida suspensa pela ação de turbulência do fluido.

A proporção entre sólidos dissolvidos e sólidos particulados varia entre os diferentes cursos d'água. Christofolletti (1981) cita que, para os rios brasileiros, a carga particulada geralmente é bem maior que a carga dissolvida e que, de forma geral, a carga em suspensão é considerada pequena, sendo quase sempre inferior a 100 mg.L^{-1} . Neste sentido um dos parâmetros mais afetados pelo aporte de sedimentos aos cursos d'água é a turbidez, que representa por seus altos valores a capacidade de sobrevivência de microorganismos patogênicos em forma de colônias no seu interior. Esteves (1998) ao relacionar os sedimentos com a turbidez verificou que este afeta a entrada de luz na coluna d'água, diminuindo a taxa de produção primária do ecossistema, afetando toda a cadeia alimentar, inclusive com alterações nos padrões de produção e consumo de gases como oxigênio, gás carbônico, sulfatos, entre outros.

A Resolução CONAMA 357/2005 não estabelece padrões para os Sólidos Suspensos.

Conforme pode ser observado nas FIGURAS 4.2.3.44 e 4.2.3.45, em relação aos mananciais superficiais, as maiores concentrações de sólidos suspensos foram verificadas durante o período chuvoso, quando a incidência da precipitação atmosférica ocasiona o carreamento de material particulado para o interior dos mananciais superficiais. Ressalta-se que essa

condição somente não foi observada no ponto 6 o que provavelmente pode ter ocorrido por falha analítica.

Outro fator a ser observado é que para todos os pontos amostrais, em ambos os períodos, as concentrações de sólidos suspensos fixos (material particulado inorgânico) supera as concentrações de sólidos suspensos voláteis (material particulado orgânico)

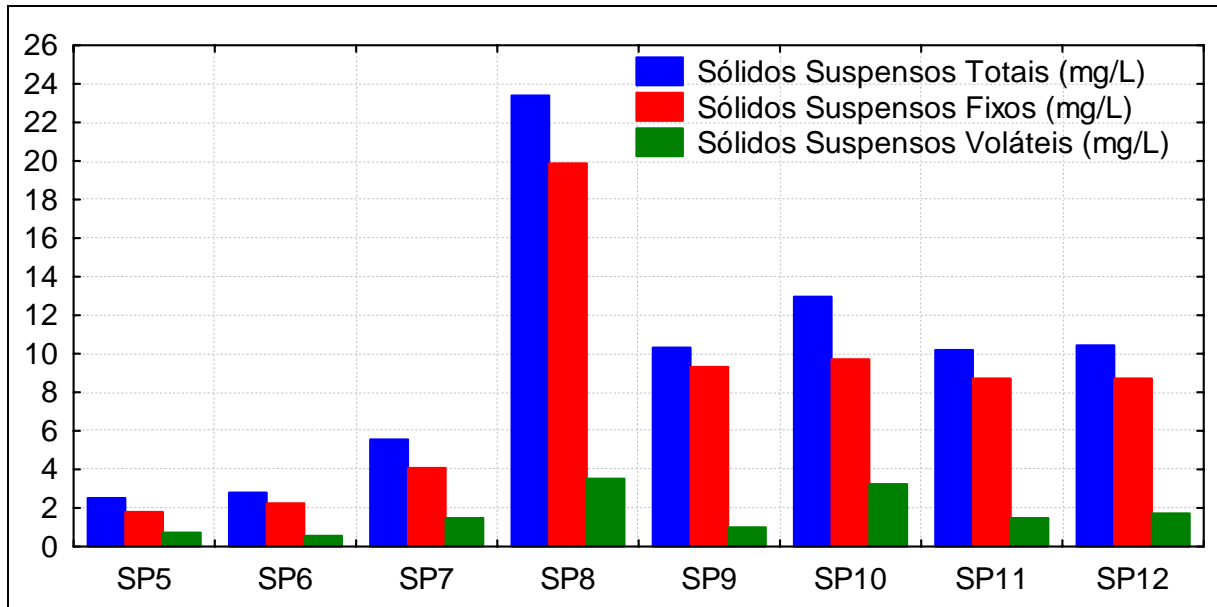


FIGURA 4.2.3.44 - Concentrações de Sólidos Suspensos verificadas nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento (período chuvoso).

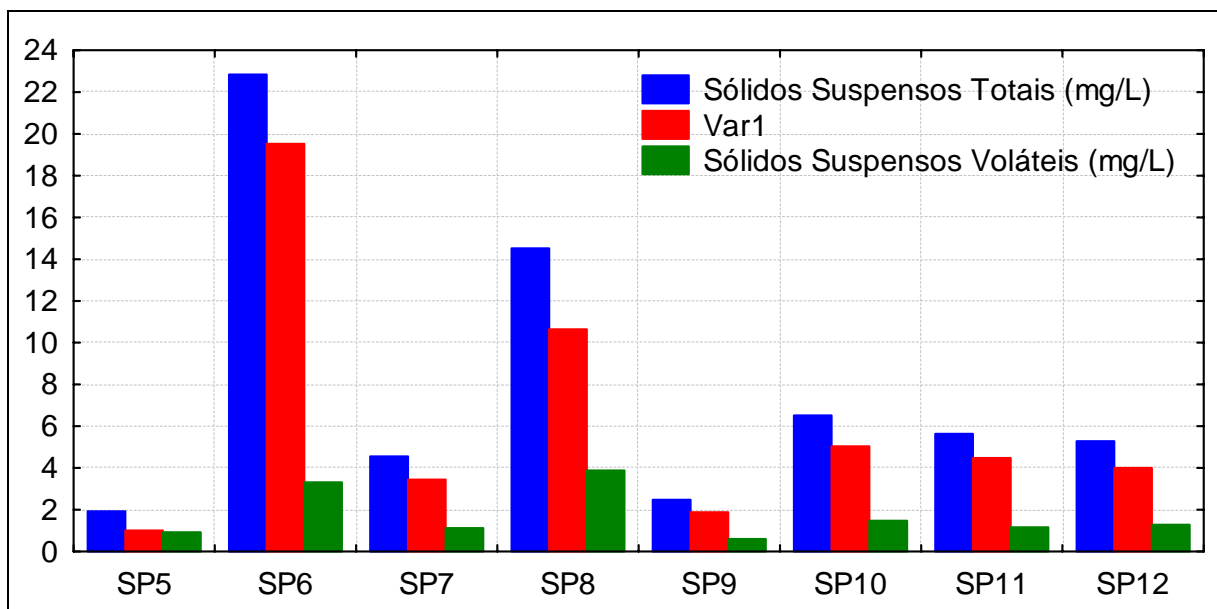


FIGURA 4.2.3.45 - Concentrações de Sólidos Suspensos verificadas nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento (período seco).

Em relação aos pontos amostrais subterrâneos (FIGURAS 4.2.3.46 e 4.2.3.47) excetuando-se o ponto SB2 que, conforme já relatado corresponde a uma cacimba (afloramento de

lençol freático) e tem apresentado um padrão comportamental diferenciado para a maioria dos parâmetros avaliados, verificou-se as maiores concentrações durante o período chuvoso.

Ressalta-se que, excetuando-se o ponto SB1, os teores de matéria orgânica suspensa são mais elevados que as concentrações de sólidos inorgânicos suspensos.

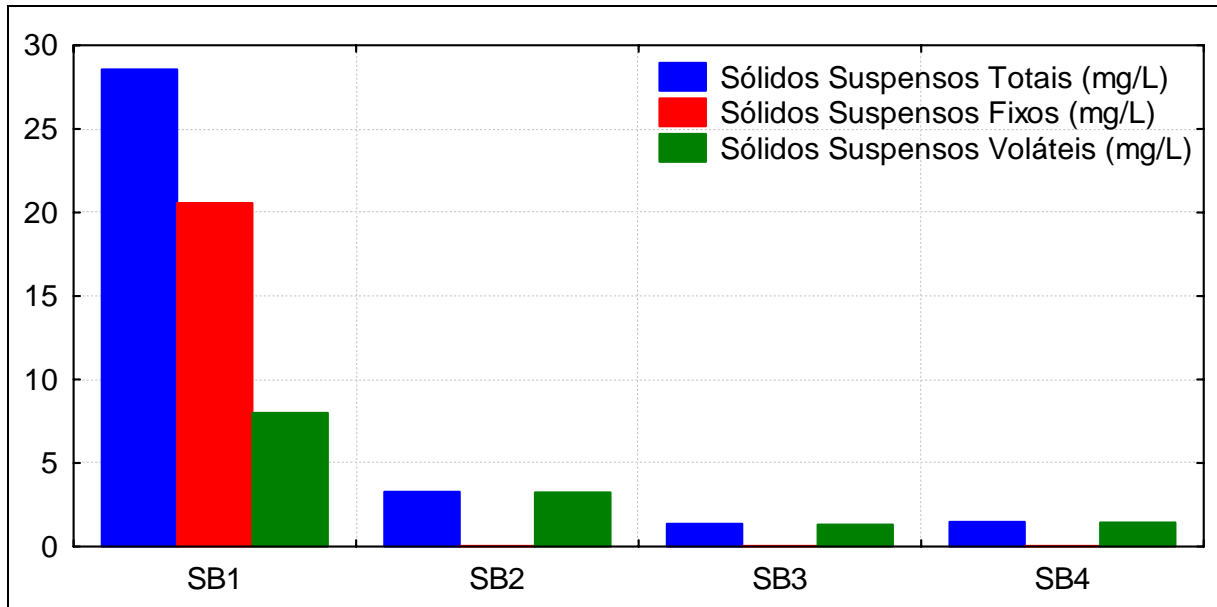


FIGURA 4.2.3.46 - Concentrações de Sólidos Suspensos verificadas nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento (período chuvoso).

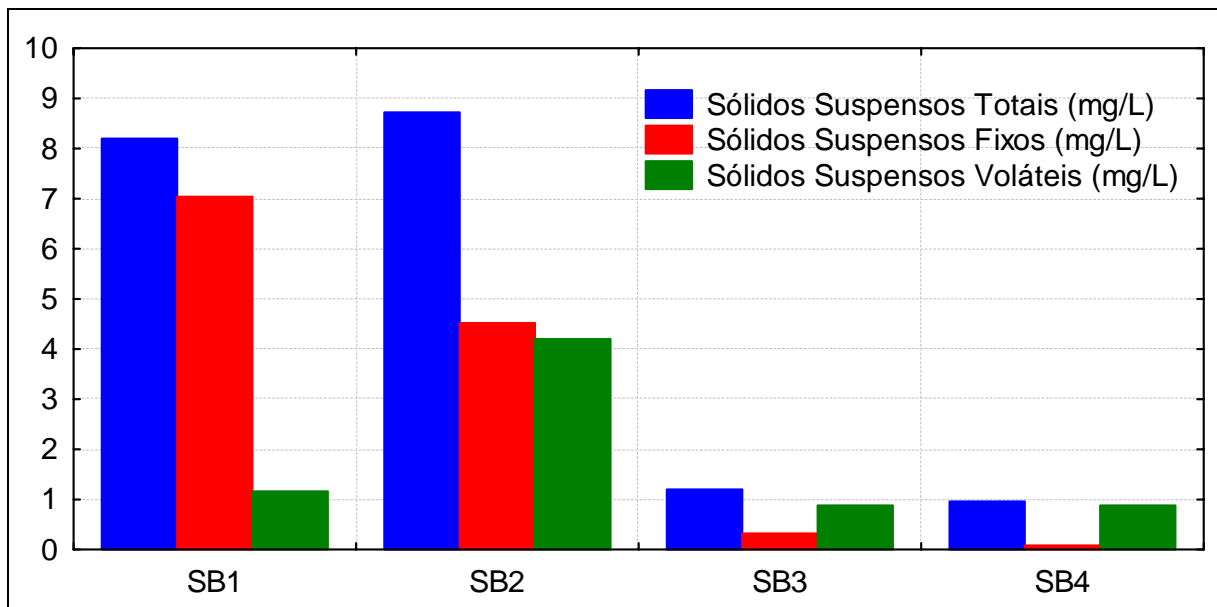


FIGURA 4.2.3.47 - Concentrações de Sólidos Suspensos verificadas nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento (período seco).

- Turbidez (NTU)

A turbidez da água deve-se à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos (DI BERNARDO, 1993). Alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes (CETESB, 2006).

Em relação aos pontos amostrais superficiais avaliados observou-se que a turbidez oscilou entre 0,90 a 29,2 NTU no período chuvoso e entre 0,19 e 10,9 NTU no período seco (FIGURA 4.2.3.48). Esses valores encontram-se de acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05, que estabelece 100 NTU como valor máximo para este parâmetro.

Quanto à variação sazonal, foi possível verificar que os maiores valores foram identificados durante o período chuvoso, quando ocorre o maior transporte de material particulado para os mananciais amostrados.

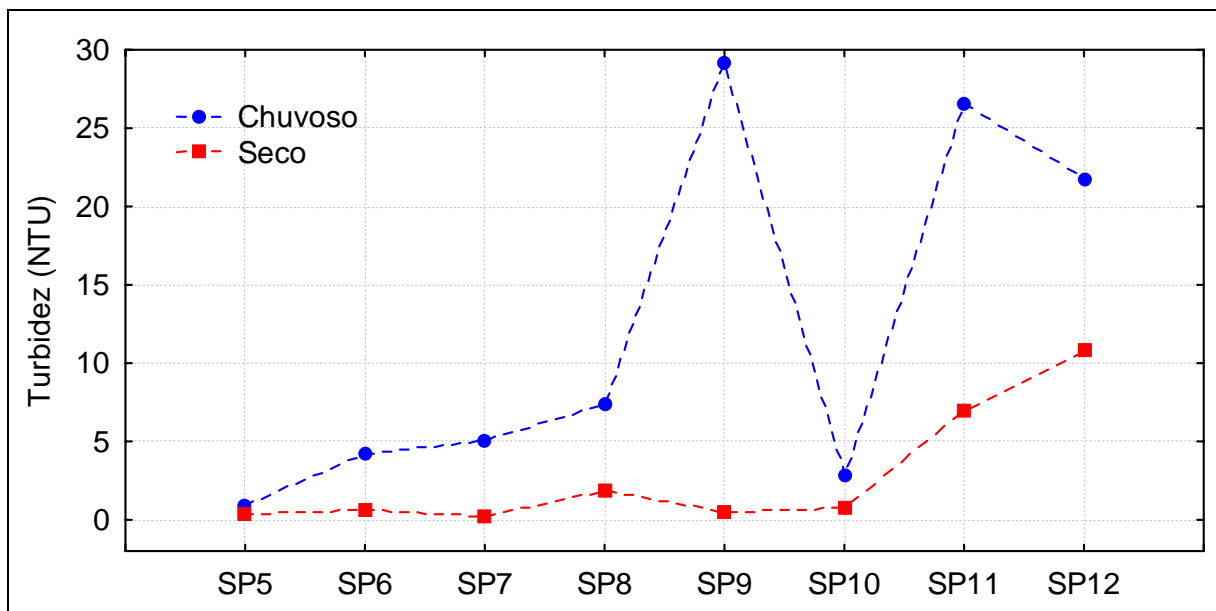


FIGURA 4.2.3.48 - Valores de turbidez verificados nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento

Em relação às amostras subterrâneas avaliadas observou-se que a turbidez oscilou entre 0,40 a 3,1 NTU no período chuvoso e entre 1,1 e 7,4 NTU no período seco (FIGURA 4.2.3.49).

Quanto à variação sazonal, não foi possível verificar um padrão comportamental para os mananciais subterrâneos da região sendo necessária a continuidade do monitoramento desses pontos amostrais durante a execução dos programas ambientais para melhor se avaliar esse parâmetro.

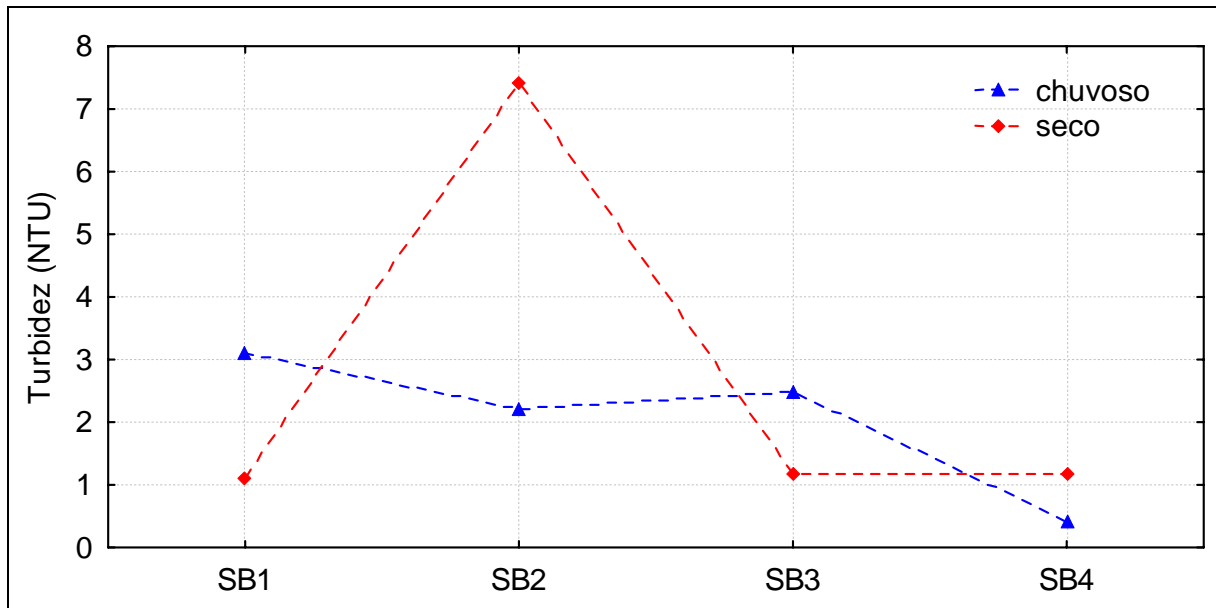


FIGURA 4.2.3.49 - Valores de turbidez verificados nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento.

- *Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)*

Para se verificar possíveis contaminações por agentes patogênicos em ambientes aquáticos a aproximação ideal seria a pesquisa de todos os micro-organismos causadores de doenças de veiculação hídrica em uma amostra de água. Na prática corrente, esta pesquisa só se realiza em casos excepcionais, pela dificuldade relativa que apresenta, pois os organismos patogênicos encontram-se em número restrito em amostras d'água e os métodos destinados ao seu isolamento e quantificação são frequentemente longos e complexos. Desse modo a abordagem geralmente utilizada é a pesquisa de microrganismos indicadores de contaminação fecal como é o caso das bactérias do grupo coliforme (SCHULLER, 2004).

Essas bactérias habitam normalmente o intestino de homens e de animais, servindo, portanto como indicadoras da contaminação de uma amostra de água por fezes. Como a maior parte das doenças associadas com a água é transmitida por via fecal, isto é, os organismos patogênicos, ao serem eliminados pelas fezes, atingem o ambiente aquático, podendo vir a contaminar as pessoas que utilizem dessa água, conclui-se que as bactérias coliformes podem ser usadas como indicadoras dessa contaminação (BRASIL, 2005).

Quanto maior a população de coliformes em uma amostra de água, maior é a probabilidade de que há contaminação por organismos patogênicos. Uma grande vantagem no uso de bactérias coliformes como indicadoras de contaminação fecal é sua presença em grandes quantidades nos esgotos domésticos, já que cada pessoa elimina bilhões dessas bactérias diariamente. Dessa forma, havendo contaminação da água por esgotos domésticos, é elevada a possibilidade de se encontrar coliformes em qualquer parte e em qualquer amostra de água, o que não acontece, por exemplo, no caso de metais pesados, que se diluem bastante na massa líquida e muitas vezes não são detectados nas análises de laboratório. Além disso, a identificação de coliformes é feita facilmente, já que as bactérias pertencentes a esse grupo fermentam a lactose do meio de cultura, produzindo gases que são observados nos tubos de ensaio (BRASIL, 2005).

As bactérias do grupo coliforme são classificadas na Portaria do Ministério da Saúde nº 518/2004 como:

Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) – bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver-se na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24 -48 horas e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo;

Coliformes termotolerantes – subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas, tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal

A resolução CONAMA 357/05 determina que não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Conforme pode ser observado na FIGURA 4.2.3.50, durante o período chuvoso somente o ponto 6 apresentou um valor superior ao limite preconizado pela legislação vigente.

No período seco, os pontos 7 e 11 apresentaram concentrações de coliformes termotolerantes entre 2419 e 1732 NMP/100 mL, respectivamente (FIGURA 4.2.3.51). Por não haver nenhum centro urbano nas proximidades desses pontos amostrais não pode-se afirmar que os mesmos provêm de lançamentos de efluentes sanitários no corpo hídrico.

Dessa maneira durante a execução do Programa Ambiental referente ao monitoramento da qualidade da água da área de influência do empreendimento deverá ser observado se a presença de coliformes termotolerantes fecais é uma constância nesses locais ou um evento isolado.

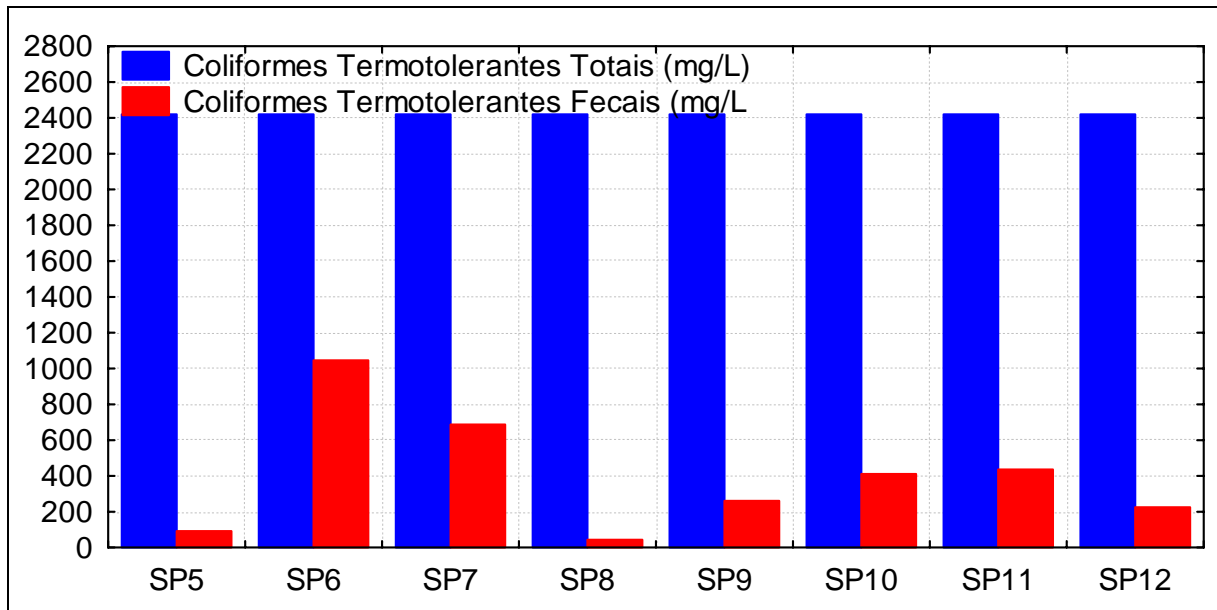


FIGURA 4.2.3.50 - Concentrações de coliformes termotolerantes verificadas nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento (período chuvoso).

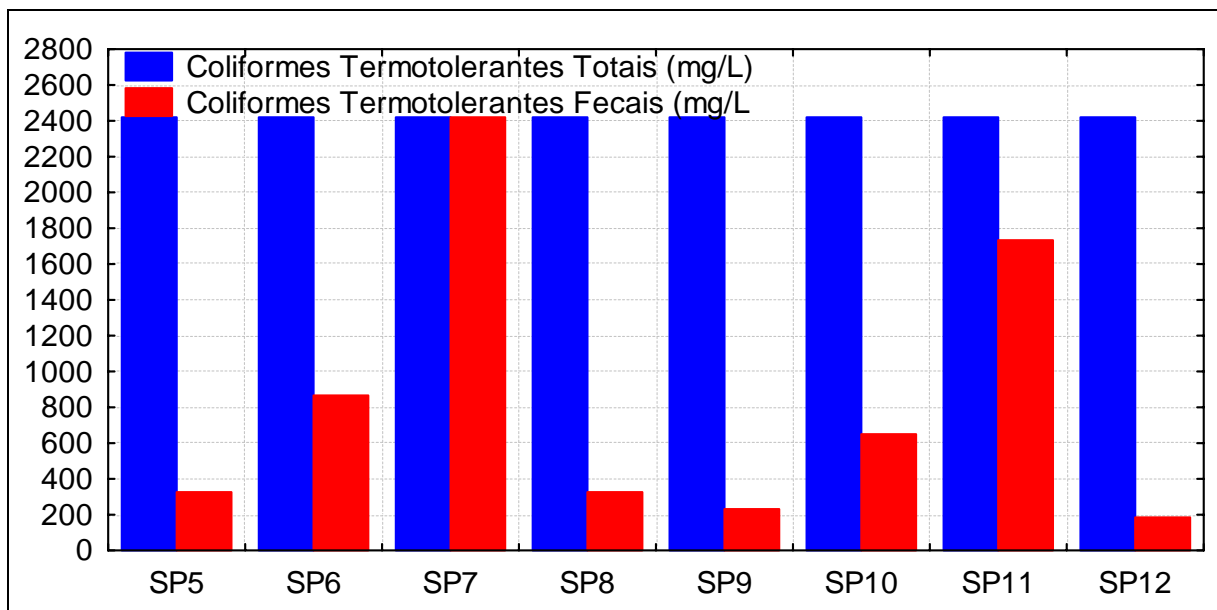


FIGURA 4.2.3.51 - Concentrações de coliformes termotolerantes verificadas nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento (período seco).

Em relação às amostras de água subterrânea apresentadas na FIGURA 4.2.3.52, verificou-se que, no período chuvoso, o ponto 1 apresentou valores de coliformes termotolerantes fecais superiores a 1000 NMP/100 mL, enquanto que no período seco (FIGURA 4.2.3.53), os pontos 1, 2 e 4 apresentaram valores superiores a 1000 NMP/100 mL.

Considerando que as amostras foram coletadas em poços ou cacimbas localizadas nas proximidades de sedes de propriedades rurais é possível que o uso dessas propriedades seja responsável pela contaminação fecal da água analisada.

Concentrações de coliformes termotolerantes verificadas nos pontos amostrais superficiais estabelecidos na área de influência do empreendimento (período seco).

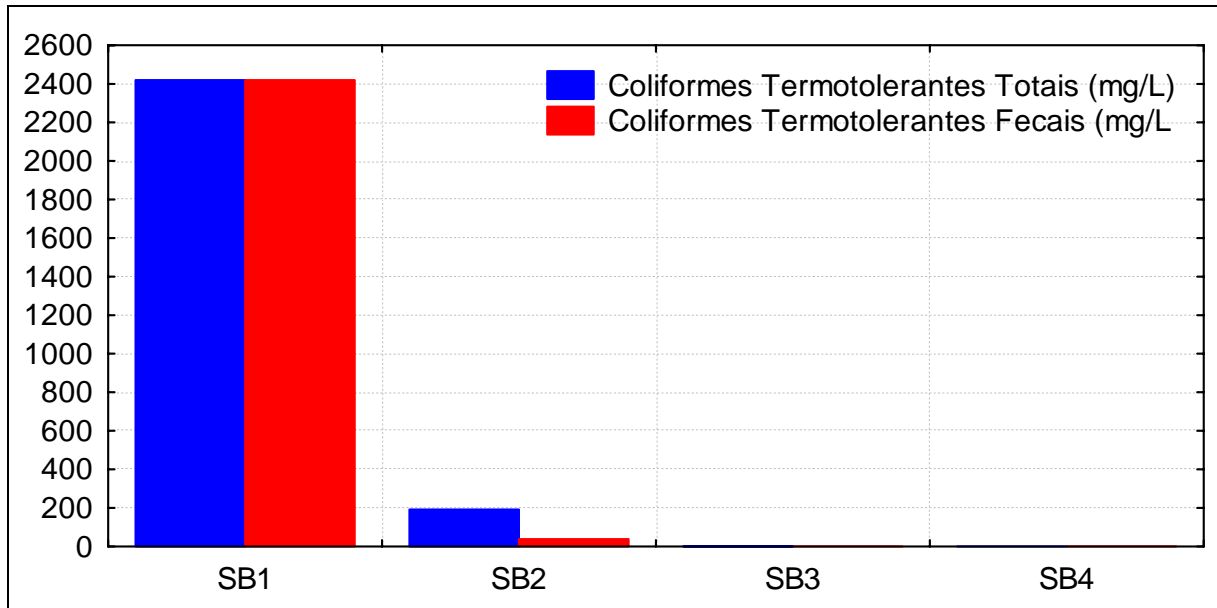


FIGURA 4.2.3.52 - Concentrações de coliformes termotolerantes verificadas nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento (período chuvoso).

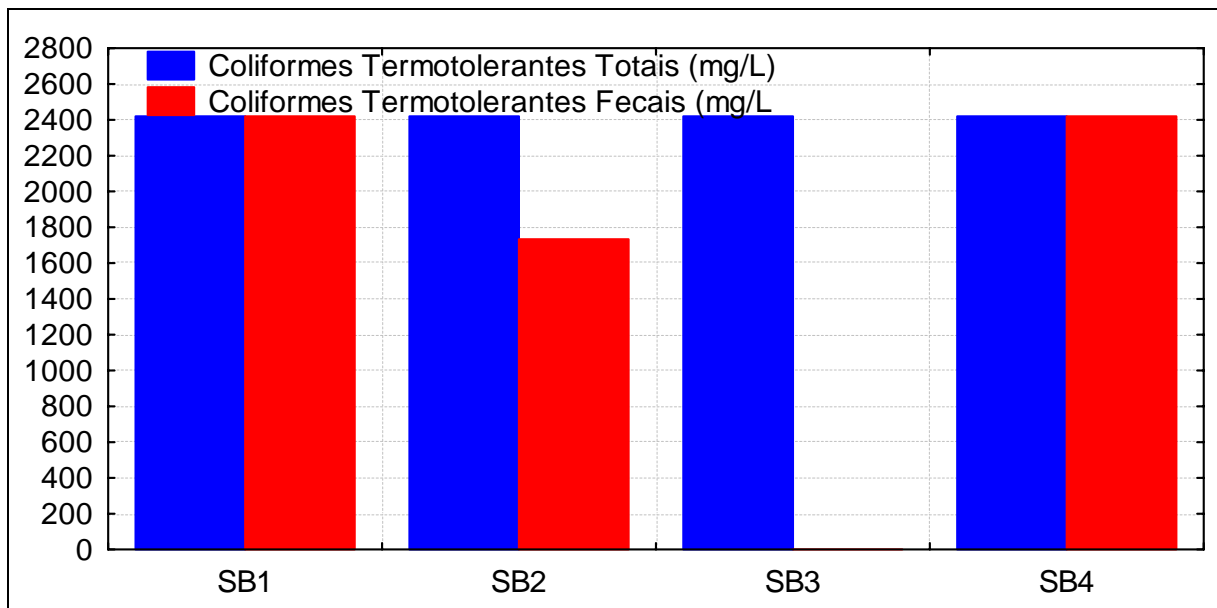


FIGURA 4.2.3.53 - Concentrações de coliformes termotolerantes verificadas nos pontos amostrais subterrâneos estabelecidos na área de influência do empreendimento (período seco).

- Índice de Qualidade da Água

Com o intuito de desenvolver um indicador que, por meio dos resultados das análises das características físicas, químicas e biológicas, pudesse fornecer ao público em geral um balizador da qualidade das águas de um corpo hídrico, foi desenvolvido o Índice de Qualidade da Água (IQA).

Índices de qualidade da água (IQA) são bastante úteis para transmitir informação a respeito da qualidade da água ao público em geral, podendo dar uma ideia da tendência de evolução da qualidade ao longo do tempo. Permite uma comparação entre diferentes cursos d'água e serve de parâmetro de monitoramento do impacto das ações de preservação dos ecossistemas aquáticos.

O IQA é determinado pelo produto ponderado da qualidade da água correspondentes aos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO^{5,20}), Coliformes Fecais, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fosfato Total, Turbidez e Sólidos Totais. Este índice varia normalmente entre 0 (zero) e 100 (cem), sendo que quanto maior o seu valor, melhor é a qualidade da água. Estes índices estão associados ao uso que se deseja para um corpo d'água.

O Índice de Qualidade da Água dos pontos de coleta amostrados para as águas superficiais oscilaram entre 65,7 a 77,3 no período chuvoso, e 71,0 a 77,1 no período seco. Essa variação encontra-se dentro da faixa de qualidade considerada “BOA”, conforme apresentado na FIGURA 4.2.3.54.

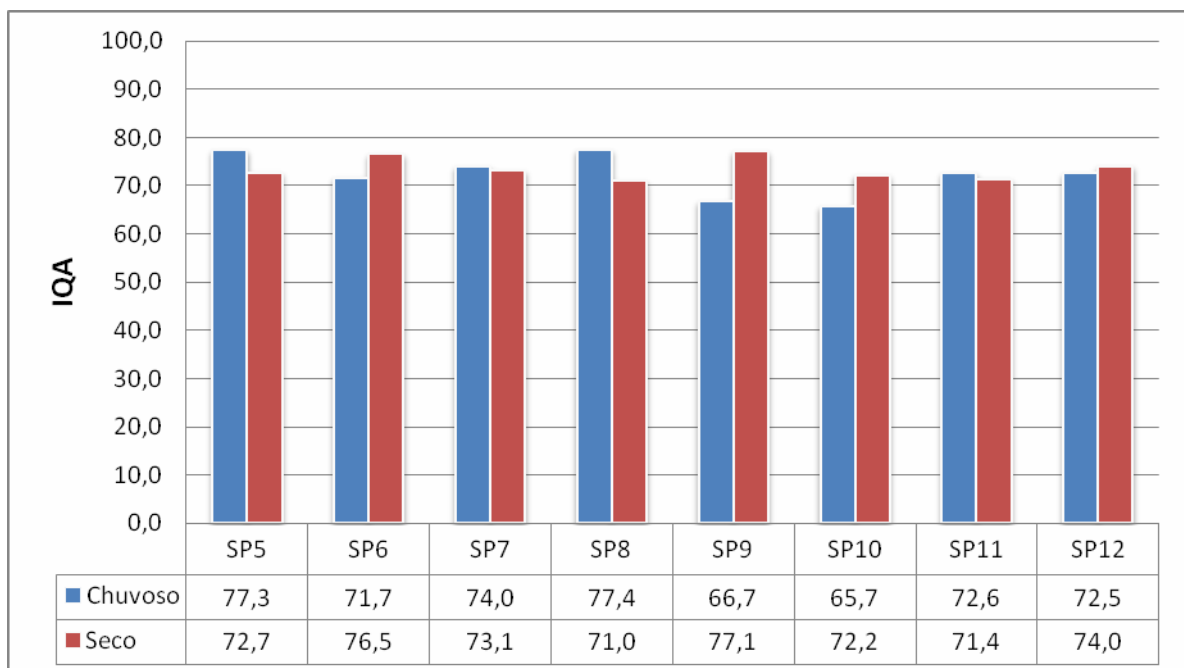


FIGURA 4.2.3.54 - Índice de Qualidade da Água dos corpos hídricos superficiais da Área de Estudo.

Considerações Finais

Como ponto inicial a ser destacado, ressalta-se a influência do substrato rochoso local nas características químicas dos corpos hídricos avaliados. Nesse contexto, é válido mencionar que as maiores concentrações de bicarbonato, cálcio, magnésio e sulfato dos mananciais amostrados devem-se às características litológicas do Grupo Bambuí, enquanto que as maiores concentrações de sódio e potássio podem ser atribuídas ao intemperismo das rochas do complexo goiano (Suíte Aurumina).

Quanto à qualidade da água analisada, tendo em vista que as águas superficiais da área de influência do presente empreendimento estão enquadradas como de Classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357/05, pode-se afirmar que, de maneira geral, as análises realizadas nas amostras coletadas durante o período em estudo apresentaram resultados compatíveis com os limites estabelecidos pela referida resolução.

Essa afirmação somente não é válida para os seguintes parâmetros:

Oxigênio Dissolvido: ponto 8 no período seco;
DBO: ponto 10, no período chuvoso;
pH: ponto 10, no período chuvoso;
Ferro: ponto 11, no período chuvoso;
Manganês: pontos 5 e 8 no período chuvoso e o ponto 8 no período seco;
Fósforo: pontos 6, 7 e 8 no período seco;
Coliformes Termotolerantes: Ponto 6, no período chuvoso e pontos 7 e 11 no período seco.

Quanto a DBO e ao oxigênio dissolvido verificou-se que a diferenciação observada entre os valores analisados e os padrões CONAMA podem ser considerados irrisórios, sendo que o acréscimo de DBO observado não causou depleção perceptível dos níveis de oxigênio, fato que leva a concluir que não ocorreram interferências significativas à biota local.

Observa-se que, de maneira geral, em ambos os períodos climáticos, o pH apresentou tendências alcalinas nos pontos estabelecidos no presente estudo, causadas pelas características geoquímicas locais. Desse modo, pode-se afirmar que o valor excedido de pH decorre das peculiaridades da região, não podendo ser interpretado como dano ambiental causado por alguma fonte de poluição.

Da mesma maneira que o pH, observou-se que as concentrações de ferro, manganês e fósforo, que excederam os limites estabelecidos pelo CONAMA estão diretamente relacionadas com as particularidades da região, não podendo, de acordo com as informações adquiridas durante o presente diagnóstico, serem relacionadas com alguma forma de poluição.

Quanto aos coliformes termotolerantes, por não haver nenhum centro urbano nas proximidades desses pontos amostrais, não pode-se afirmar que os mesmos provêm de lançamentos de efluentes sanitários ao corpo hídrico. Considerando-se a existência de propriedades rurais na área de influência dos pontos amostrais, possivelmente essas

concentrações mais elevadas devem-se ao uso dessas propriedades. Entretanto, é válido observar que alguns estudos comprovam a existência de bactérias do grupo coliformes presentes de maneira autóctone em mananciais da região amazônica, fato que urge um estudo mais aprofundado.

Considerando o cenário diagnosticado, verifica-se que, durante o presente levantamento, não foram identificadas fontes de poluição difusa ou pontual que possam vir a comprometer significativamente a qualidade da água dos mananciais superficiais de interesse deste estudo.

Em relação aos pontos amostrais subterrâneos, considera-se como fator mais preocupante as elevadas concentrações de coliformes termotolerantes identificadas em três pontos de coleta. Conforme já mencionado, considerando que as amostras foram coletadas em poços ou cacimbas localizadas nas proximidades de sedes de propriedades rurais, é possível que o uso dessas propriedades seja responsável pela contaminação fecal da água analisada.

Considerando-se o presente diagnóstico, recomenda-se a definição e execução de um programa ambiental que abranja o monitoramento da qualidade da água dos pontos de coleta amostrados durante a implantação e operação do PROJETO ARRAIAS, de modo que, durante uma escala temporal mais ampla, possibilite um aprimoramento da compreensão da ecologia dos mananciais da região, bem como possibilite a identificação de possíveis alterações da qualidade da água desses mananciais durante a implantação e operação do empreendimento.

Além disso, considerando-se a presença de coliformes fecais em algum dos pontos amostrados, recomenda-se a inserção de conceitos de conservação de corpos hídricos e de boas práticas sanitárias no programa de educação ambiental a ser proposto para a comunidade da área de influência do empreendimento.

4.2.4. Geomorfologia

✓ Geomorfologia Regional

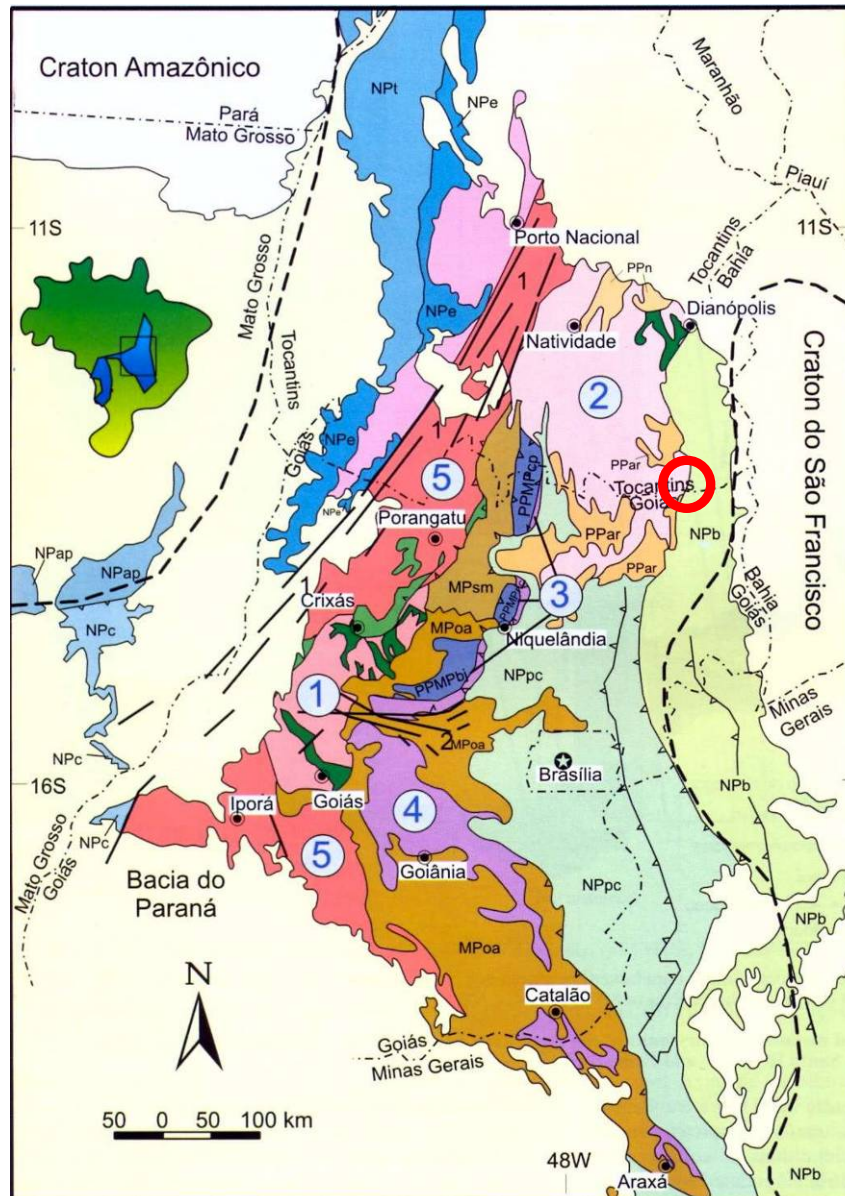
O antigo Planalto Central brasileiro é uma morfoestrutura assentada em área com certa estabilidade tectônica denominada de Plataforma Sul-Americana (ALMEIDA, 1967). Esta velha estrutura é subdivida em várias províncias, sendo que a área do PROJETO ARRAIAS encontra-se inserida na Província do Tocantins. Esta Província é uma megaestrutura que desenvolveu-se no Orogênio Neoproterozóico no contexto de eventos colisionais que culminaram na amalgamação do Supercontinente Gondwana. Em uma subdivisão em escala regional a Província do Tocantins tem como estrutura proeminente a grande Faixa Brasília, alojada em seu flanco leste (PIMENTEL, *et. al*, 2004 e VALERIANO, *et. al*, 2004). A faixa Brasília possui grande diversidade litológica e inúmeras estruturas (FIGURA 4.2.4.1) que dão feição, em conjunto com os elementos morfoclimáticos responsáveis por modelar os terrenos, a um relevo muito diversificado.

De acordo com Almeida (1967), a Plataforma Sul-Americana sofreu, no decorrer dos tempos, vários movimentos epirogenéticos, sendo que no período Cretáceo, época do auge

da última e grande reativação da crosta, esse processo levou à exposição de diversas estruturas e camadas geológicas que foram exumadas destacando-se maciços que foram excessivamente rebaixados e expostos por sucessivos ciclos erosivos no decorrer de milhões de anos (DE MARTONE, 1943 e 1944; AB'SABER, 1949, 1965, 1972, 1998 e 2000; KING, 1956 e 1962; ALMEIDA, 1959; DRESCH, 1962; BARBOSA, 1965; PENTEADO, 1970; BRAUN, 1970; CASSETI, 1984; ROSS, 1991; PASSOS e BIGARELLA, 1998; PEULVAST e SALES, 2002, BIGARELLA, *et. al.* 2007, entre outros).

As superfícies de aplainamento criadas pelos vários e sucessivos ciclos erosivos, principalmente os de idade pós-cretácea, têm grande expressão na configuração atual da paisagem e seu conhecimento é essencial para a compreensão das unidades morfológicas do relevo. Conforme assinalam Peulvast e Sales (2002) as superfícies de aplainamento são testemunhas da possante contribuição da erosão para a esculturação da superfície terrestre, no entanto não configuram-se como a última etapa da evolução do relevo, pelo contrário, não são fases terminais de evolução do modelado, conforme precursores da geomorfologia previram através de seus modelos cíclicos evolucionistas (DAVIS, 1899; PENK, 1953; KING, 1962). Estudos desde a década de 1960 têm apontado para importância da cronologia de denudação colocando as superfícies de aplainamento em posição de grande relevância para entendimento da evolução da morfogênese e criação das grandes estruturas geomorfológicas. Os aplainamentos não são fases terminais de evolução do relevo contrariando as idéias de Davis (1899) em seu ciclo geográfico, mas sim formas transitórias cujos testemunhos mostram os vários níveis de evolução ou degradação das formas, devendo ser entendidas como verdadeiras heranças que dão pistas da gênese e evolução da superfície terrestre e sua idade relativa.

Em boa parte desta região afetada por ciclos de erosão, que deram feição ao relevo atual, ocorreu um grande evento de caráter tectônico germanótipo, que coincidiu com a abertura do Atlântico, no qual foram reativados sistemas antigos de falhas e surgimento de blocos falhados e arcos. A reativação da crosta denominada de Reativação *Wealdeniana* (ALMEIDA, 1962 e 1983) se configurou no evento tectono-estrutural mais importante para a configuração atual do relevo.



Fonte: Pimentel, et. al. (2004)



FIGURA 4.2.4.1 – Mapa geológico da faixa Brasília.

O nivelamento pós-cretácio reafeiçou as superfícies à medida que estas eram expostas pelos processos morfogenéticos criando pedimentos e pediplanos que truncaram diferentes estruturas geológicas, tendo destaque para a classificação proposta por King (1956) e atualizadas por Braun (1970), reconhecidamente como sendo: 1- Ciclo Gondwana, 2 – Ciclo Post-Gondwana, 3 – Ciclo Sul-Americano, 4 – Ciclo das Velhas, 5 – Ciclo Paraguaçu e Ciclo Cobertura Cenozóica.

Ab'Sáber (1963 e 2003), em estudo sobre a evolução do relevo no domínio morfoclimático dos cerrados, salientou que os processos de pedimentação intertropicais constituem fenômeno oposto ao de mamelonização, muito comum no SE do Brasil no domínio de mares de morros. Trata-se de processo de formação de rampas de erosão com processo de plainação restrita, indo de encontro como modelo proposto por Bigarella e Mousinho (1965) e Bigarella *et. al.* (1965), desenvolvida nos vários períodos das flutuações climáticas intertropicais. Para o referido autor a pedimentação intertropical somente ocorre plenamente quando há transição entre uma fase de formação de paisagem por mamelonização por outra de erosão regional regressiva, restritas aos compartimentos intermontanos. Portanto, é notório que modelo de evolução do relevo proposto por Ab'Sáber deva ocorrer com a intercalação de fases úmida e seca, sendo esta condição para evolução da paisagem.

“Após uma longa etapa de mamelonização, com florestamento generalizado – quando da mudança para climas mais secos – processar-se-ia um agressivo recortamento dos morros que perderam seu manto florestal, daí ocorrendo ravinas múltiplas, derruição generalizada das vertentes poli-convexas dos compartimentos intermontanos ou das áreas de sopés e serras assimétricas, e arrastamento dos detritos libertados dos mantos antigos de alteração para fora da área de erosão por pedimentação” (AB'SÁBER, 1977 e 2003).

O quadro de evolução regional para área de estudo foi sintetizado em 1965 pelo professor Ab'Sáber que assinalou que “(...) após o Cretáceo, instalou-se para a maior parte do Planalto Brasileiro uma atitude tectônica que favoreceu o advento de longos períodos denudacionais, os quais em grande parte respondem pela compartimentação interior daquele grande e complexo bloco de planaltos” classificados atualmente, após os estudos efetuados por meio de imagens de radar (Projeto Radam Brasil), como sendo Planaltos e Depressões interplanálticas.

Portanto, a intercalação de fases úmida e seca, de acordo com as flutuações climáticas, especialmente aquelas ocorridas no Quaternário, foram responsáveis pelo modelamento das formas de relevo. É evidente que os processos que moldaram o relevo foram condicionados em parte pela estrutura e tipo de rocha. O conjunto estrutural, sua evolução tectônica e a história paleoclimática recente foram os responsáveis pela configuração atual dos terrenos que compõem o Planalto Central Brasileiro e a Depressão do Tocantins. Em parte os esforços tectônicos ocorridos, principalmente no Cenozóico, colocaram à prova a resistência dos corpos rochosos, onde se instalaram e superimpuseram, em falhas, fraturas e, zonas de fraqueza de todos os tipos, uma rede drenagem responsável pela dissecação e parte do rebaixamento do terreno, em conjunto processos intempéricos, ora com predominância física (clima seco com degradação lateral) ora química (com decomposição generalizada e

rebaixamento vertical), condicionados pelo tipo de clima reinante no período Quaternário, com suas constantes oscilações.

É certo que os processos geológicos – geomorfológicos, que são responsáveis pela esculturação do modelado, podem ser explicados por alguns modelos evolucionistas, ou até mesmo pela conjunção destes. Entretanto, a escolha de modelos e tipos de abordagem devem também considerar a escala de análise abordada, ou seja, os vários taxa conforme proposto pioneiramente por Cailleux e Tricart (1956) e Demek (1967) e posteriormente adaptado e proposto por Ross (1992), conforme apresentado na FIGURA 4.2.4.2.

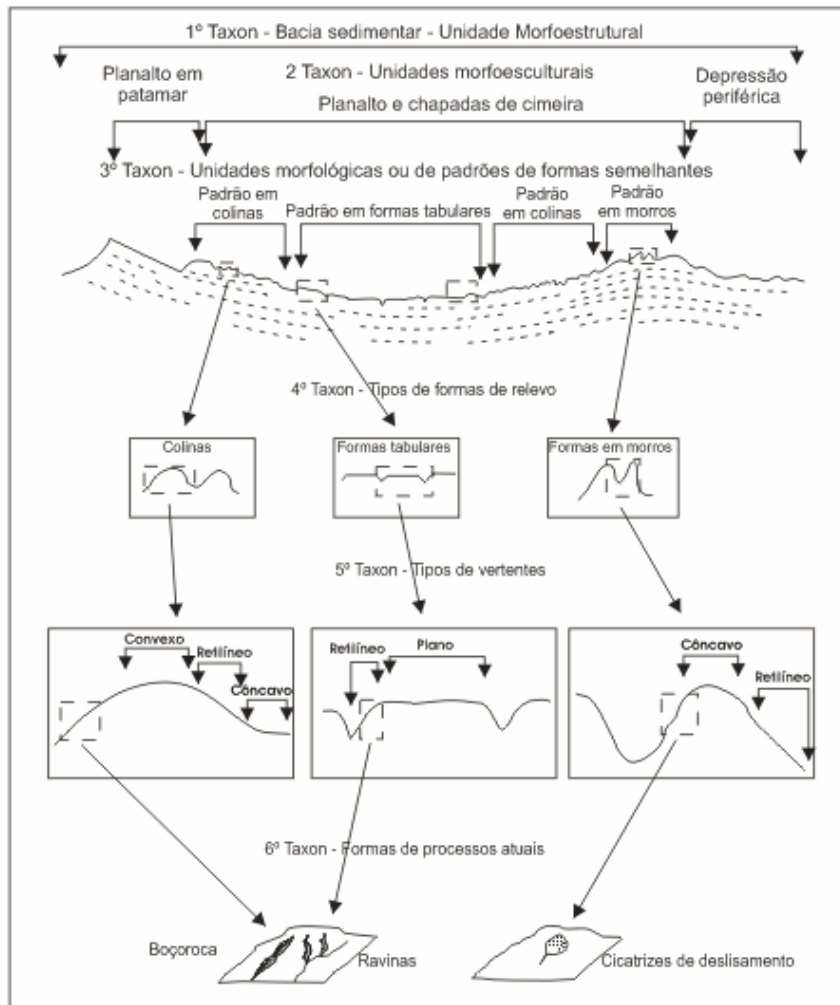


FIGURA 4.2.4.2 – Os vários taxa propostos por Ross (1992).

Desta forma, dependendo do tipo de análise que se busca e a escala envolvida, um ou outro modelo se mostra mais favorável à explicação e entendimento da análise das formas do relevo (KÖHLER, 2001). Os vastos terrenos que compõe o planalto brasileiro e a Depressão do Tocantins podem ter sua gênese e evolução parcialmente explicados pela cronologia de denudação, com o entendimento das várias superfícies de aplainamento condicionados pelas oscilações climáticas (PASSOS e BIGARELLA, 1998). Porém, para escalas de maior detalhe que visam a explicação do modelado (acima do 4º táxon) e em complementação as idéias da teoria de pedimentação e pediplanação podem ser adotadas metodologias que consideram, além do papel das estruturas geológicas e do morfoclima, a ação da

morfogênese e pedogênese como é o caso do modelo de Etchplanação proposto por Büdel (1982) e referenciado por Thomas (1994). Este modelo visa explicar a evolução das paisagens considerando o papel preponderante do intemperismo químico como sendo um dos fatores que interferem na dinâmica e nas propriedades morfológicas desenvolvidas em ambiente tropical (...) evidenciando sua influência na denudação e nos processos erosivos superficiais, um dos agentes mais importantes na esculturação do modelado (VITTE, 2001).

O levantamento realizado, na década de 1980, pela equipe de geógrafos que compunham o projeto Radam Brasil (volume 29), subdividiu a Folha ao milionésimo Brasília (SD-23) em vários domínios, regiões e áreas geomorfológicas Mauro *et. al.* (1982), tendo como base os taxa de Demek (1967), classificaram regionalmente a área abrangida por este estudo em vários compartimentos, de acordo com cada táxon envolvido, conforme se observa na FIGURA 4.2.4.3, a seguir.

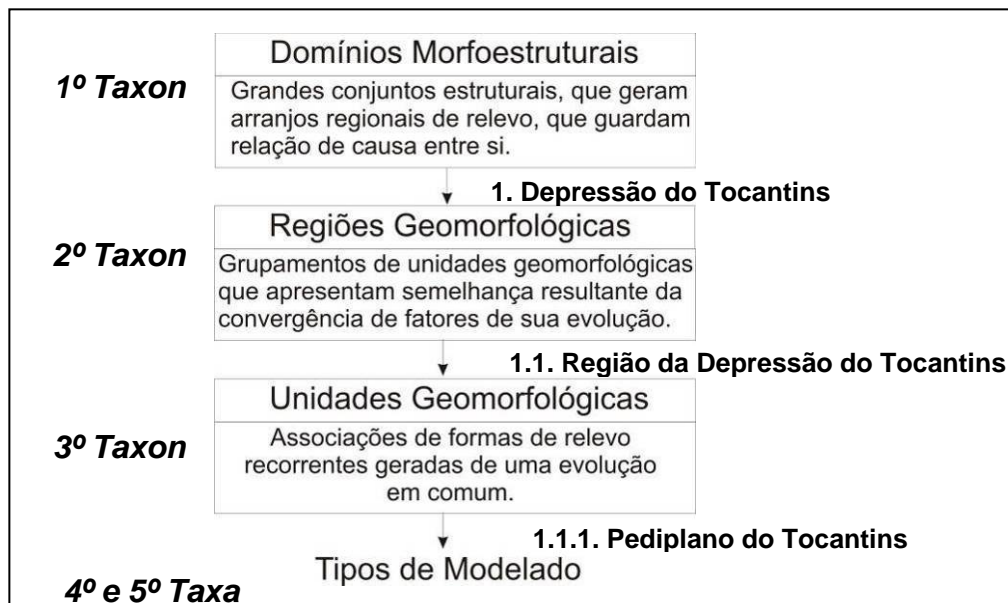


FIGURA 4.2.4.3 – Taxa para a área de estudo.

As formas de relevo do Domínio da Depressão do Tocantins são classificadas como formas que foram arrasadas por erosão, gerando uma extensa área pediplanada circundada por superfícies de aplainamento interplanálticas e periféricas, algumas carstificadas. As formas de relevo deste domínio jazem sobre rochas do tipo granito-gnaíssica e quartzitos do Grupo Arai e Suíte Aurumina, que geralmente sustentam os relevos mais proeminentes da região. As áreas mais rebaixadas encontram-se assentadas sobre o embasamento do Grupo Bambuí, composto por intercalações de siltitos/filitos e calcários, que em alguns trechos dão feição a terrenos carstificados, com presença de dolinas, uvalas, cavernas, lapiás e demais formas que compõe este tipo de modelado.

As altitudes predominantes estão entre 400 e 600m, correspondendo ao piso da depressão e sobre este piso os relevos residuais alcançam altitudes com média de 1000m. Segundo Mauro *et al.* (1982) há o predomínio de feições pediplanadas com cobertura detrítica, principalmente de matriz arenosa com presença de linhas de pedra (*stone line*) e concreções com origens diversas. Estas áreas foram submetidas pedimentação e por fim à

pediplanação em rochas do embasamento e especialmente aquelas do Grupo Bambuí, com ocorrência local de processos de dissolução nas áreas carstificadas.

A evolução do arcabouço geológico durante o período mais recente de evolução da crosta foi um dos responsáveis pelo quadro morfológico geral das morfoestruturas ocorrentes na área da Depressão do Tocantins. As grandes unidades do relevo refletem tanto as características morfoestruturais quanto aos processos morfogenéticos que truncam e mascaram as estruturas originais. Essencialmente a área da depressão é recortada por relevos residuais com patamares mais elevados que alcançam altitudes superiores a 1000m, sustentadas por quartzitos do Grupo Araí e granitos da Suíte Aurumina. Também são muito comuns morros em patamares intermediários com altitude em torno de 600m sustentados por rochas cársticas do Grupo Bambuí (FOTOS 4.2.4.1 e 4.2.4.2).

A Depressão do Tocantins esteve sujeita à diferentes episódios de pediplanação no Terciário, quando a drenagem da bacia do Tocantins já encontrava-se estabelecida. A implantação dos pediplanos que compõe a Depressão do Tocantins tem sua gênese relacionada ao recuo das escarpas do Chapadão Central, formados por rochas da Formação Urucua e Grupo Bambuí. Mauro *et al.* (1982) assinalam que existem diversos relevos residuais, tipo morros kársticos a nordeste da cidade de Arraias. Estes são comprovadores que os sedimentos do Grupo Bambuí já ocuparam maiores extensões e que foram recuados por erosão. Os siltitos que se encontram no piso da Depressão demonstram que a erosão foi competente para remover as camadas de rocha que eram superpostas, tornando o modelado mais plano e uniforme, com exceção feita aos patamares mais elevados compostos por *inselbergs* e serras residuais de quartzitos e morros testemunhos de calcários em patamares intermediários.

A grande área rebaixada da depressão é relativamente plana sem vales encaixados com incisões fluviais vigorosas, o que se deve a uma rede drenagem pouco competente e de baixa capacidade para escavar o seu vale, com regime intermitente. Muito provavelmente se as drenagens apresentam regime perene, com o fator da impermeabilidade dos sedimentos (filitos e siltitos) que compõe boa parte do piso da depressão na região de Arraias, ocorreria um relevo dissecado com vales encaixados em V. Portanto, o modelado plano da área é evidência de que a área evoluiu pelo processo de pediplanação, sendo esta responsável pela configuração atual do modelado da região.

Também é relevante o fato que, no trecho da depressão, na qual afloram rochas do embasamento, formam-se relevos residuais indicativos de ocorrência recente de processos de erosão (pediplanação) sem que, no entanto houvesse tempo suficiente para instalação de condições que favorecessem o intemperismo químico, sendo esta mais uma evidência da relevância dos processos recentes de pediplanação para configuração atual das formas de relevo ocorrentes na Depressão do Tocantins.

A configuração da morfologia atual da área da Depressão do Tocantins está vinculada a instalação de processos erosivos de pediplanação e esta configuração tem forte ligação com os planos de erosão ou superfícies de aplanamento, que podem auxiliar no entendimento da gênese e evolução das formas de relevo.

Baseando-se em estudos efetuados por King (1956), Ab'Sáber (1965) e Braun (1970) e Mauro *et. al.* (1982), realizou-se uma classificação das superfícies de erosão ou de aplainamento para área de estudo, referenciada por trabalhos de campo, perfis topográficos e modelos digitais de elevação. Em âmbito regional foram reconhecidas por aproximação 3 (três) superfícies de aplainamento na qual se julgou ser um dos maiores responsáveis pela configuração atual do modelado da Depressão do Tocantins.

1 - *Superfície de Aplainamento 1 (S. Ap.-1)* – localizada entre as altitudes de 900 e 1250m. Esta superfície é de idade presumível Terciária, formada por serras residuais sustentados por quartzitos, com destaque para as Serras de Santana, Bom Jardim, Palmas ou Traíras e Arraias. O embasamento apresenta grande resistência à erosão, e foram mantidas neste nível topográfico elevado, conservando os topos planos e desnudados. Notadamente, algumas serras, como a de Traíras, alcançam altitudes superiores a 1300m devido à existência de concreções ferruginosas lateríticas que formam uma carapaça de sedimentos inconsolidados cobrindo o quartzito e oferecendo maior resistência aos processos geomorfológicos degradadores.

2 – *Superfície de Aplainamento 2 (S. Ap.-2)* – varia entre as altitudes de 800 e 600m. De idade presumível cretácea, com relevo apresentando morros sustentados por rochas do Grupo Bambuí (calcários, dolomitos e margas). Apresenta um modelado desgastado com morros testemunhos com relevo tipicamente ruiforme. Podem ocorrer também morros com embasamento graníticos ou gnáissicos.

3 – *Superfície de Aplainamento 3 (S. Ap.-3)* – varia entre as altitudes de 600 e 400m, sendo identificado como o piso da Depressão do Tocantins. Trata-se de uma fase mais recente de aplainamento, podendo ter idade Pleistocênica (MARINI *et. al.*, 1974). Seu embasamento é composto por rochas ortognaissicas e graníticas, podendo ocorrer siltitos e calcários do Grupo Bambuí, que foram rebaixados. Alguns trechos, como os fundos de vale dos principais coletores fluviais, como os Rios Bezerra, Manso, São Domingos, Arraias e Paranã, podem apresentar cotas altimétricas inferiores a 400m, em função do trabalho de incisão e escavação constante. Esta superfície de aplainamento passou por sucessivas fases de retomada de erosão que, no entanto preservou, grosso modo, um modelado plano com trechos suavemente convexos, apresentando setores com coberturas detríticas e lateríticas de espessuras de até 1m, comprovando o remanejamento de material, fruto da erosão diferencial sobre as formas de relevo e os materiais que as sustentam e atualmente podem inumar as camadas desgastadas do piso da depressão, mascarando e truncando as estruturas geológicas.

Nas FIGURAS 4.2.4.4 e 4.2.4.5 são apresentadas duas seções topográficas, na qual, é possível observar o modelado característico da área de estudo, e na FIGURA 4.2.4.6 é apresentado o modelo digital de elevação no local onde os rios Bezerra e Paranã cortam a grande estrutura da Serra do Bom Jardim sustentada por quartzito, caracterizada como sendo a Superfície de Aplainamento 1. Por fim, para ilustrar o modelado regional são apresentados nas FOTOS 4.2.4.1 e 4.2.4.2 e na FIGURA 4.2.4.7 o Mapa Geomorfológico com os principais compartimentos regionais do relevo espacializado, na escala 1:1000.000.

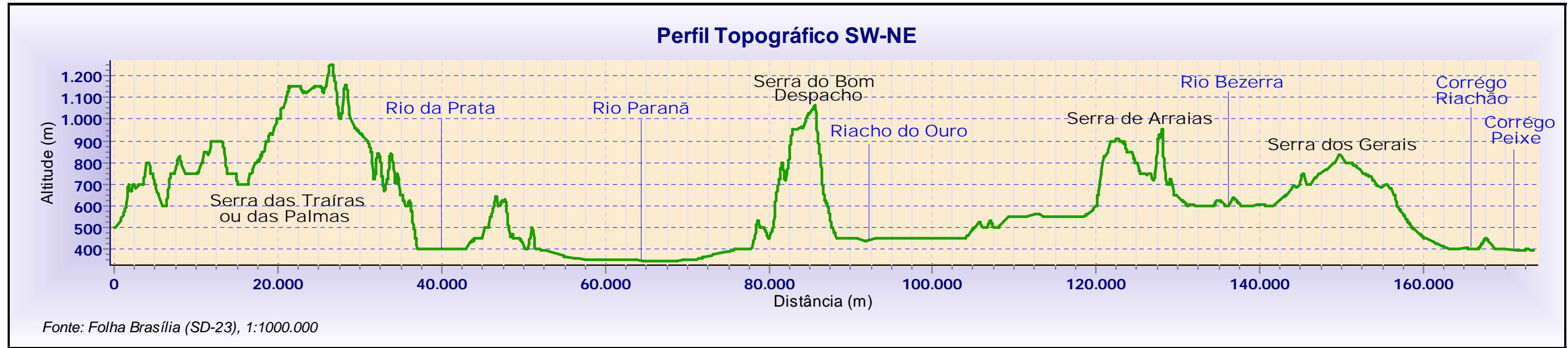


FIGURA 4.2.4.4 – Seção topográfica cortando a área no sentido SW-NE, atingindo cerca de 170km. É possível observar os principais compartimentos de relevo da região em estudo, com destaque para as serras residuais em cota altimétrica em torno de 900-1300m. Os fundos de vale atingem cotas entre 450 a 300, sendo o nível de base local referenciado pelo rio Paranã.

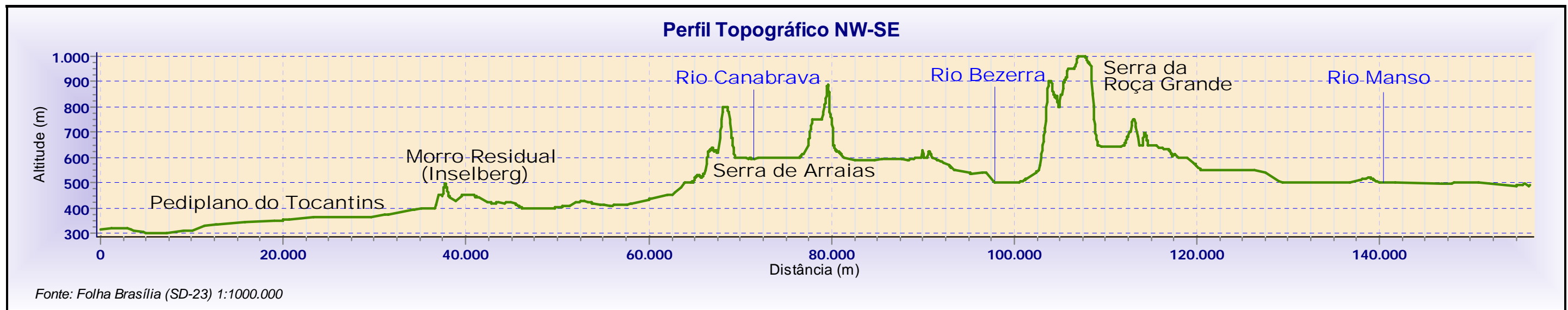


FIGURA 4.2.4.5 – Seção topográfica cortando a área no sentido NW-SE, atingindo cerca de 150km. É possível observar os principais compartimentos de relevo da região em estudo, com destaque para as serras residuais em cota altimétrica em torno de 900-1000m. Os fundos de vale atingem cotas entre 500m. No Extremo NW há a presença característica do pediplano do Tocantins, com ocorrência de inselbergs.



FIGURA 4.2.4.6 – Modelo Digital de elevação no baixo curso do rio Bezerra. Este trecho o rio Bezerra corta a grande estrutura quartzítica, denominada de Serra do Bom Jardim, formando gargantas epigênicas ao longo do seu vale. A escavação no Quartzito, tanto pelo rio Bezerra como no Paranã, abriu um *fort* erosivo condicionado pelas estruturas geológicas da serra, verdadeiros *water gaps* denominados regionalmente de Vão do Bezerra e Vão do Paranã.



FOTO 4.2.4.1 – Visada a partir do topo de relevo residual, sustentado por silexito, com cota aproximada de 900m, para SW. É possível observar a grande Depressão do Tocantins que se estende por terrenos sustentados por rochas do Grupo Bambuí e Araí, na maior parte se desfaz em um modelado colinoso com presença de morros testemunhos e ruiformes, característicos de terrenos cársticos. Mais ao fundo aparecem morros e serras residuais, testemunhas dos processos que dissecaram o relevo da região. Ao fundo apare as escarpas erosivas do Chapadão Central, já nas proximidades da divisa com o estado da Bahia.

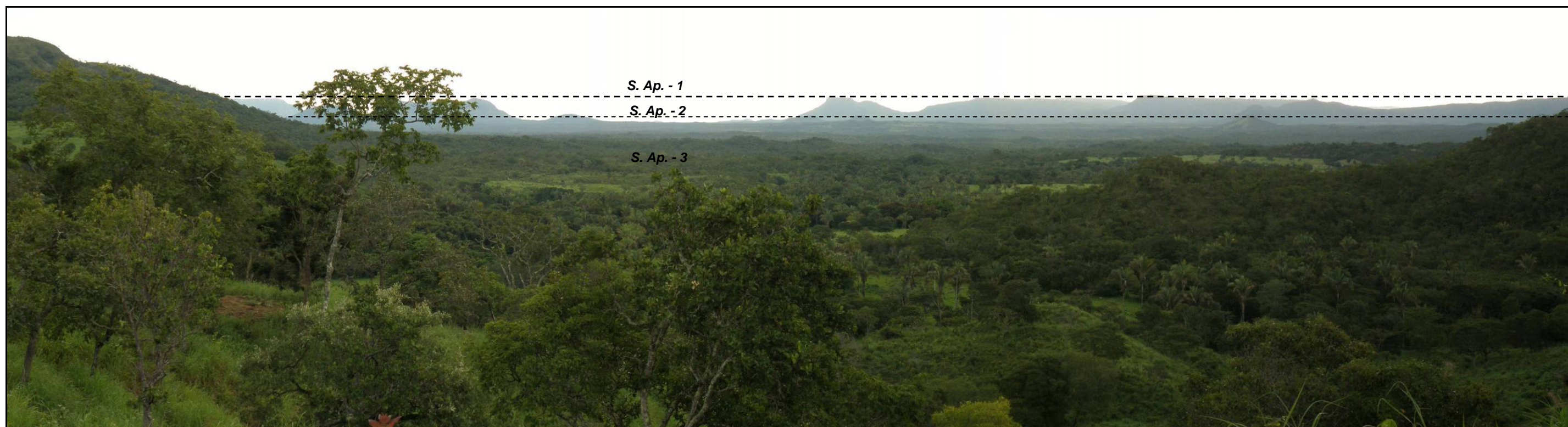


FOTO 4.2.4.2 – Fotografia que retrata as três superfícies de erosão identificadas em campo. Os pontos mais elevados são referenciados pela cota 900m e foram denominados de Superfícies de Aplainamento 1 (**S. Ap. - 1**) onde foram reconhecidos os topos dos relevos residuais de quartzito, como a Serra de Arraias. Nos patamares intermediários ocorrem relevos residuais que foram rebaixados e atualmente encontram-se exumados, formados por morros cársticos e são classificados como Superfícies de Aplainamento 2 (**S. Ap. - 2**). Já a Superfícies de Aplainamento 3 (**S. Ap. - 3**) foi reconhecida como sendo o piso da Depressão do Tocantins, formada por relevo colinoso, relativamente plano onde se assentam rochas do Grupo Bambuí (intercalações de siltitos com calcários, em sua maioria). Também ocorrem rochas do embasamento cristalino (granitos, ganisses, diamectitos, entre outras) nesta superfície, onde aparece um modelado com presença de pequenos morros com tendência a convexidade.

FIGURA 4.2.4.7 – Mapa geomorfológico regional (Radam Brasil).

✓ **Geomorfologia Local**

A heterogeneidade da morfologia encontrada no compartimento da Depressão do Tocantins, ou mesmo individualizada nas grandes áreas pediplanadas que a compõe, forma um conjunto de morfologias classificadas como pertencentes ao 4º táxon que no caso correspondem aos *tipos de modelados* (FIGURA 4.2.4.8). Neste táxon estão agrupadas formas de relevo que apresentam grande similitude geométrica em função de sua gênese comum e da generalização de processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência dos materiais correlativos superficiais.

A vinculação da origem do modelado aos processos morfogenéticos caracterizam os estudos das formas de relevo em escala local. Para tanto, o que se pretende é evidenciar os tipos morfogenéticos e morfodinâmicos que evoluíram na última porção do Quaternário gerando as formas de relevo da área, abrangida pela área do PROJETO ARRAIAS. As respostas à ação dos processos geomorfológicos nos substratos geraram formas ligadas a três tipos morfogenéticos, que foram assim classificados:

- ✓ Formas relacionadas aos processos denudacionais, denominada de *Modelado de Degradação e Aplanamento*.
- ✓ Formas relacionadas aos processos de acumulação, denominado de *Modelado Fluvial*.
- ✓ Formas relacionadas aos processos de dissolução, denominados de *Modelado de Dissolução cárstica*.

A classificação genética para as formas de relevo relaciona os processos geomorfológicos atuantes e considera, também, as classificações realizadas nos taxa superiores que foram essenciais para o ordenamento do modelado da área. O concatenamento das escalas de análise gera uma visão multiescalar da totalidade dos vários domínios envolvidos (morfoestruturas e morfoesculturas), aproximando-se de um quadro morfogenético de evolução das formas de relevo.

A escala de análise local ($\geq 1:50.000$), requer essencialmente o entendimento dos processos ligados a morfogênese e pedogênese, maiores responsáveis por moldar as formas de relevo em escala local (TRICART, 1965 e 1968). É importante ressaltar o papel fundamental das estruturas geológicas, tipo de rocha, rede hidrográfica e cobertura vegetal na esculturação do modelado. Outra variável de significativa importância se deve a ação antropogênica (NIR, 1981) que modifica os processos geomorfológicos podendo muitas vezes ocasionar desequilíbrios em toda cadeia evolutiva das formas, com aparecimento de ravinamentos, voçorocas, longos trechos de cursos d'água assoreados, subsidências, recalques, etc.

A seguir será dada ênfase aos três tipos de modelados ocorrentes na área de estudo, considerando os principais processos atuantes nas formas e nos materiais envolvidos em sua gênese e evolução. Por fim, sintetizando o estudo será realizado mapeamento geomorfológico de detalhe para área de estudo, na escala 1:50.000.

Modelado de Degradação e Aplanamento

As formas de relevo geradas em ambiente erosivo referem-se em quase sua totalidade a relevos residuais sustentados por quartzitos do Grupo Araí e da Suíte Granítica Aurumina, com raras ocorrências de morros e serras sustentados por silexito. Este modelado encontra-se nas cotas entre 900 a 1350m. Bom exemplo pode ser encontrado nas proximidades da Serra do Bom Jardim (ver FIGURA 4.2.4.7), que exhibe no seu extremo nordeste topos planos, porém muito dissecados, com exumação da estrutura e com cobertura vegetal incipiente ou inexistente. Já a serra de Arraias apresenta forte cisalhamento, o que favorece sua dissecação diferencial, apresentando trechos residuais em alguns pontos reconhecidamente como sendo *inselbergs*, vistos em imagem de satélite como um caos de blocos. Suas cristas assimétricas possuem flancos e dobras onde se instalam processos erosivos que formam extensos espigões. Mauro *et. al.* (1982) afirmam que da serra das Arraias à Santa Brígida constata-se um aplanamento de topo que decapitou a estrutura dobrada. A dobra leste deste aplanamento termina com escarpas de falha, já para nordeste apresenta-se em planos desnudados separados por depressões, sulcos e cristas alongadas.

Evidentemente, os processos de intemperismo físico nestas estruturas remanescentes são predominantes. O recuo por erosão seletiva e regressiva se dá muito mais por desagregação das estruturas escarpadas, principalmente em função da declividade e zonas de fraqueza do corpo rochoso, do que por processos químicos localizados. O típico relevo residual é fruto direto dos processos que desagregaram que dissecaram o relevo, contra a força de resistência da rocha (quartzito, silexito e por vezes granito e gnaiss) que o sustenta. Gerrard (1988) assinala que a taxa de intemperismo depende de um conjunto de vários fatores, dos quais se mostram mais importantes o clima, tipo de rocha, declividade e o fator tempo.

A complexidade das formas de relevo é produto direto da ação dos agentes externos e internos, e nos locais como as grandes serras de quartzito que circundam a grande área pediplanada da Depressão do Tocantins, ocorrem vestígios desta erosão nas áreas mais rebaixadas onde se acumulam materiais rudáceos (depósitos correlacionáveis de cascalhos e calhaus) de quartzo, quartzito e por vezes silex, depositados nos horizontes inumados, reconhecidamente como sendo *stone line* ou linhas de pedra. Nestas linhas de pedra às vezes formam-se concreções ferruginosas que tornam-se carapaças ferruginosas endurecidas, como também às vezes silicificadas.

O assunto sobre as linhas de pedra tem suscitado, entre vários pesquisadores, discussões sobre sua origem e significado. Hiruma (2007) realizou uma revisão sobre o assunto constatando que as linhas de pedra podem ser definidas como sendo um horizonte de fragmentos angulosos e sub-angulosos, às vezes arredondados, de quartzo, sílex, quartzitos, couraças lateríticas, minerais pesados, ou de outros materiais resistentes à alteração química, presente na cobertura pedológica em vastas áreas das zonas tropicais.

Na área de estudo foram encontradas várias evidências sobre a ocorrência deste tipo de pavimento. Em cortes de acessos e estradas foi possível observar linhas paralelas à superfície com seixos predominantemente de quartzitos e silex, às vezes sendo este o último horizonte superficial, não havendo solo recobrimdo, às vezes totalmente inumado por camada pedológica, o que por si só já dá a noção exata de idade diversa destes pavimentos.

Os detritos de rocha (cascalhos e calhaus) são pouco trabalhados, o que evidencia estar muito próxima da área fonte, apresentam dimensões diversas desde poucos centímetros até próximos de 0,5 metro. Como os pavimentos encontrados na área jazem em diferentes horizontes pedológicos, aparentemente conclui-se que o processo de deposição ocorreu em momentos diferentes, porém muito provavelmente com gênese análoga ou muito próxima entre eles. Todas as linhas de pedras são formadas por rochas pouco trabalhadas e cimentadas por concreções ferruginosas ou sílica, denotando que não são tão atuais.

A distribuição das linhas de pedra não depende só do tipo de rocha que ocorre na área fonte e distância do transporte, mas também especialmente dos processos climáticos e geomorfológicos operantes na área de origem dos sedimentos, portanto, estes podem dar pistas da evolução do modelado e, por conseguinte, dos processos envolvidos na sua gênese e evolução (BIGARELLA e MOUSINHO, 1965).

Ab'Sáber (1979, pp. 9 e 10) salienta que as linhas de pedra podem receber conotações genéticas, sendo estas documentos irrefutáveis de antigos chãos pedregosos, evidenciando climas mais secos. "(...) a fonte dos materiais clásticos, que alimentou o paleo-chão pedregoso, é sempre local e muito próxima dos depósitos por ela emitidos, revelando apenas transporte por gravidade e lençóis difusos de enxurradas (...) em todos os casos os materiais constituintes das linhas de pedra comportam-se como clásticos não decompostos no momento da decomposição e arrastados por gravidade e enxurradas a partir de certos setores de interflúvio, na direção das antigas vertentes, então dotados de solos decapitados".

Estudos recentes relatados por Hiruma (2007) apontam que a formação de linhas de pedra pode associar-se a processos cíclicos de pedimentação atuantes em climas tropicais com estação seca, conforme o que se observa na área de estudo. É relevante mencionar que também são considerados para entendimento da gênese das linhas de pedra os processos ligados à ação biológica e processos geoquímicos, mas que nos parece com pouca relevância para a área estudada.

Apesar de haver ressalvas quanto as diferentes características que as linhas de pedra possam assumir conforme a unidade geomorfologia em que ela ocorre, podendo truncar e recobrir as superfícies de aplanamento descritas neste estudo, pode-se afirmar que estas são produto da erosão dos patamares mais elevados (relevos residuais). Conforme relataram Mauro *et al.* (1982) ocorrem nas proximidades na área do pediplano do Tocantins blocos conglomeráticos, às vezes ferruginosos, concentrados geralmente perto das cristas residuais, havendo relação direta entre a migração e precipitação de ferro e as rochas que compõe os relevos residuais (FOTO 4.2.4.12). Em Arraias foi pesquisado por Barbosa *et al.* (1981) depósitos conglomeráticos constatando a ocorrência de metaconglomerado intraformacional frequentemente formando lentes no quartzito basal, acompanhando os planos de estratificação.

Já na vizinhança de Arraias as formações superficiais são mais finas, com textura argilo-sílica refletindo o embasamento das rochas do Grupo Bambuí que foram truncadas pelo aplanamento e a presença de colúvios provenientes do Chapadão situado a leste (FOTO 4.2.4.1).

O piso da área mais rebaixada do pediplano do Tocantins está dividido entre rochas do Grupo Bambuí e rochas do embasamento. A porção assentada no Bambuí intercala-se entre calcários e siltitos, estando em alguns pontos inumados por sedimentos coluvionais, produto do intemperismo dos patamares intermediários e da grande estrutura dissecada do Chapadão Central. Esta área relativamente plana sofre fraca erosão podendo ser observado trechos restritos de dissecação (setor leste). Já na porção com embasamento (setor oeste), as altitudes são relativamente maiores, e o relevo não é tão plano, com saliências policonvexas, escavação de trechos realizados pelos principais rios, como o Bezerra. Mas, fora do alcance dos processos de dissecação da rede drenagem perene o que se observa são muitos locais inumados por cobertura pedológica em processo de caulnização, sendo frequente a presença de linhas de pedra em seu perfil (FOTOS 4.2.4.11 e 4.2.4.13).

Na área de estudo, os processos que moldam o relevo e rebaixam as superfícies de erosão oferecem pistas do seu desenvolvimento, considerando as escalas de tempo e espaço envolvidas, por meio de vestígios, que no caso são dados pela presença de horizontes inumados de cascalhos e calhaus em patamares rebaixados. As formas residuais (serras e morros isolados) e as linhas de pedra localizadas em patamares rebaixados são a prova da ação dos processos geomorfológicos e da relação entre morfogênese e pedogênese que moldam as formas de relevo, alterando os materiais que sustentam as formas, causando desagregação e remoção. Na área de estudo os processos de produção, retirada, transporte e deposição são a chave para o entendimento das formas erosivas, tanto o modelado residual como aquele relacionado às formas e patamares mais rebaixados, dado pelos materiais subjacentes e a sua relação com as áreas fontes e os processos envolvidos na morfogênese.



FOTO 4.2.4.3 – Serras quartzíticas residuais na região de Arraias. Este modelado tem sua gênese vinculada à processos erosivos de desagregação e aplanamento. Os patamares mais elevados estão na cota 1000m, caracterizando uma superfície de aplanamento de idade presumivelmente Cretácea.



FOTO 4.2.4.4 – Vista da Serra de Arraias, relevo residual sustentado por quartzitos. Notar o topo dissecado com grande afloramento rochoso, apresentado forte declividade, sendo uma das evidências da área fonte dos cascalhos presentes em patamares rebaixados do pediplano.



FOTO 4.2.4.5 – Topo da Serra das Gerais em Arraias, com altitude em torno de 900m. A morfologia do topo é bastante plana com presença de cerrado. Afloram em toda extensão blocos soltos de silexitos intemperizados.



FOTO 4.2.4.6 – Vista em perfil do complexo Serra das Gerais em Arraias no extremo NE, com altitude nivelada em torno de 900m. Observar que na extrema esquerda da foto aparecem algumas discontinuidades da serra por superimposição de drenagem em zona de fraqueza, também ocorreu rebaixamento mais significativo em função das estruturas geológicas. No centro e à direita na foto a serra encontra-se mais preservada, onde os processos de dissecação e erosão não foram tão competentes como vistos na porção esquerda, em função das estruturas e possível ocorrência de carapaças que a preservam. Em primeiro plano nota-se o modelado plano do Pediplano do Tocantins.



FOTO 4.2.4.7 – Vista em perfil do complexo Serra das Gerais em Arraias em sua extensão no extremo SW. É possível observar elevação proeminente, possivelmente sustentada por granitos da Suíte Aurumina. Mais ao fundo, à esquerda da foto é possível notar a grande influencia das estruturas geológicas no modelado com o mergulho das camadas, conforme indicado.



FOTO 4.2.4.8 – Siltitos do Grupo Bambuí apresentando mergulho de baixo ângulo. Notar a forte desagregação do material.



FOTO 4.2.4.9 – Talude da área de lavra por guia de utilização, onde aparece a influência das estruturas geológicas na configuração do relevo. Observar a forte dobra em S, indicando uma zona de grande perturbação tectônica, possivelmente cenozóica.



FOTO 4.2.4.10 – Vista do piso do pediplano do Tocantins, na região de Arraias. Observar o afloramento em camadas superpostas de siltitos, característicos do Grupo Bambuí.



FOTO 4.2.4.11 – Horizonte de seixos inumados, localizados no sopé da serra das Gerais. Notar a presença de cascalhos e calhaus mal selecionados compostos em sua totalidade por silex, formando uma descontinuidade no perfil pedológico. Sua possível origem está relacionada aos processos que moldaram a superfície de erosão **S. Ap. – 1**.



FOTO 4.2.4.12 – Nos perfis de intemperismo é frequente a presença de crostas ferruginosas como se observa na foto acima.



FOTO 4.2.4.13 – Paleopavimento detrítico apresentando cascalhos e calhaus. O horizonte de seixos aparentemente não possui ligação com a gênese do solo subjacente. Este horizonte foi depositado por ação da gravidade e/ou fluxos de enxurradas pluviais. São compostos em sua totalidade por quartzitos e quartzo mal selecionados e cimentados numa matriz de sílica. Acima desta área ocorrem relevos residuais formados pela serra de Arraias, reconhecidamente como sendo a área fonte deste cláston.

Modelado Fluvial

A área ocupada pelo projeto de extração da ITAFÓS é drenada em quase sua totalidade¹ pela bacia hidrográfica rio Bezerra. Sua bacia hidrográfica encerra uma área com cerca de 2.165 km², estando localizada entre os estados de Tocantins e Goiás. O rio Bezerra tem suas cabeceiras localizadas nas serras residuais em Arraias - TO, denominadas localmente de Serras dos Gerais, Arraias e Chapadão dos Negros. Suas nascentes estão localizadas a altitude média de 900m. Particularmente, seu principal afluente compõe outra cabeceira que localiza-se próximo ao Chapadão Central, na divisa entre os estados de Goiás e Bahia. Trata-se do rio Montes Claros que deságua no rio Bezerra já nas proximidades da cidade de Campos Belos - GO. O rio Bezerra deságua na margem direita do rio Paranã que por sua vez é afluente do rio Tocantins, componente da grande bacia hidrográfica do rio Amazonas.

Observando os mapas topográficos nota-se que o rio Bezerra e os seus afluentes sofrem forte condicionamento estrutural. Dois pontos se destacam ao longo de sua área de drenagem. O primeiro se refere a sua cabeceira nas proximidades da Serra de Arraias e Chapadão dos Negros, onde os condicionamentos estruturais impuseram grande paralelismo aos cursos d'água de primeira ordem como também são comuns os indícios de capturas fluviais relacionadas a influência das estruturas geológicas, sendo que uma das mais notáveis encontra-se entre as cabeceiras do rio Carvalho e o cotovelo com mais de 90° formado pelo rio Bezerra. Estas capturas são comuns nestas áreas em que as estruturas geológicas em conjunto com o fenômeno da erosão regressiva dão feição a uma drenagem fortemente condicionada. O outro ponto que merece destaque quanto ao condicionamento estrutural se refere à área de drenagem de seu baixo curso, próximo a sua foz no rio Paranã. Nesta região o rio Bezerra atravessa uma grande estrutura formada pela serra do Bom Jardim, formando verdadeiras gargantas epigênicas talhadas em rochas quartzíticas.

A bacia hidrográfica do rio Bezerra, sob o ponto de vista da geomorfologia, é uma unidade de análise, expressão de um espaço concreto e tridimensional, drenado por uma rede hidrográfica própria onde ocorrem diversos processos naturais (LEOPOLD *et al*, 1963; CHRISTOFOLETTI, 1981). Estes processos são governados pela entrada e saída de energia e matéria que condicionam as características do meio físico da área da bacia, especialmente as formas de relevo, solos e cobertura vegetal.

Segundo Mauro *et al*. (1982) na depressão pediplanada do Tocantins, a rede drenagem em geral é intermitente, visto que os rios possuem seus regimes adaptados às pluviosidades. Os leitos dos rios intermitentes são arenosos e geralmente pedregosos (...) a rede drenagem está em vias de organização para que se intensifique a dissecação dos relevos pediplanados.

Os controles estruturais são muito nítidos em toda área de drenagem e ao longo do canal do rio Bezerra. Este controle é um aspecto importante para o entendimento da distribuição da velocidade da corrente, das descargas fluviais ao longo de seu canal, como também em toda distribuição da carga e dimensão dos sedimentos condicionando sua capacidade e competência. As imposições estruturais colocam a prova a capacidade do curso d'água em

¹ Um pequeno trecho da área de extração, denominada de Canabrava, localiza-se na bacia hidrográfica do córrego Tiúba que por sua vez é afluente do rio Palma que deságua no rio Paranã, mesmo rio na qual deságua o rio Bezerra.

transportar soleiras, o que cria níveis de base locais ao longo de seu curso alterando o seu regime a montante e a jusante das barreiras estruturais. A muito tempo a noção de nível de base tem sido estudada e é reconhecidamente um dos pontos centrais de entendimento do equilíbrio fluvial dado pelas rupturas ao longo dos perfis longitudinais dos rios. Desde o século XIX já havia estudos sobre a importância do nível de base e sua influência nos ajustes morfológicos do canal conforme a citação apresentada a seguir que se enquadra bem a área de estudo e é ilustrado pelas FOTOS 4.2.4.14 a 4.2.4.18.

“Onde o canal do rio cruza uma série de rochas em seu curso alguma das quais sejam duras e outras brandas, as camadas mais duras formarão um série de represamentos temporários, acima dos quais se torna restringida a corrosão do canal através das rochas brandas, e assim podemos ter uma série de níveis de base de erosão, abaixo dos quais e em ambos os lados do rio, embora as rochas sejam sumamente brandas, não podem ser degradadas” Christofolletti (1981, apud POWELL, 1875).

Esse quadro é apresentado em muitos trechos ao longo do leito do rio Bezerra e de alguns afluentes principais, como o ribeirão do Carvalho, próximos à área de estudo. Este condicionamento estrutural em conjunto com o regime de chuvas mal distribuídas e torrenciais são os fatores principais que interferem na capacidade e competência do rio Bezerra e seus principais afluentes. É muito comum a formação de ilhas e bancos de areia ao longo do leito do rio Bezerra (FOTOS 4.2.4.19 e 4.2.4.24) dando feição a trechos anastomosados. Também é muito comum a presença de cascalhos bem trabalhados (seixos rolados) de quartzito, quartzo, granitos, ganisses e sílex em sua maioria.

As características dos bancos de areia presentes no canal do rio Bezerra tem sua explicação vinculada a fatores relacionadas a declividade e presença abundante de material a ser transportado. Cristofolletti (1981) assinalou que “Em virtude das declividades relativamente elevadas e do material detrítico grosseiro, as condições de fluxo rápido dominam nos trechos fluviais anastomosados, até quando os débitos são pequenos. Os depósitos acumulados nos canais anastomosados possuem estruturas características desses regimes de fluxo, e os bancos detríticos rasos e as ilhas parecem possuir estratificação cruzada em sua estrutura interna”. É fato que na época de cheia há um aumento considerável da capacidade e competência fluvial do rio Bezerra aumentando consideravelmente os depósitos sedimentares. Estas são acumulações descontínuas e de extensão limitada, quase sempre confinadas ao próprio leito, mas com trechos restritos da planície fluvial.

Em caminhamentos realizados na área de estudo, ao longo do rio Bezerra e seus afluentes, foi verificada também a presença de aluviões expressivas que dão prova da história de evolução da bacia hidrográfica. Os sedimentos depositados ao longo do tempo em diferentes camadas e com diferentes dimensões e origem demonstram não somente a gênese como também os episódios de deposição podendo ser relacionado com a evolução de toda área de drenagem (FOTOS 4.2.4.25 e 4.2.4.26).

Conclui-se que as variáveis hidrológicas e geomorfológicas são responsáveis pela retirada, transporte e deposição de material ao longo de sua bacia hidrográfica. Estes processos são os maiores responsáveis pela morfologia do terreno, e desenvolvimento da paisagem ao longo do tempo.



FIGURA 4.2.4.14 – Observa-se grande área pediplanada drenada pelo rio Bezerra. As estruturas mais proeminentes são sustentadas por serras quartzíticas. Ao fundo é possível notar as áreas das cabeceiras, a norte o rio Bezerra com as nascentes nas serras de Arraias e Chapadão dos Negros e a leste o rio Montes Claros, principal afluente do rio Bezerra com suas nascentes nos arredores do Chapadão Ocidental, nas proximidades da divisa entre os estados de Goiás e Bahia.



FOTO 4.2.4.15 – Vista de aluvião em afluente do rio Bezerra. As camadas intercaladas de areia e cascalhos atingem cerca de 2m, sendo que a maior concentração de cascalhos ocorre na base do pacote, evidenciando um período de maior energia da corrente.



FOTO 4.2.4.16 – Perfil aluvionar com matriz arenosa. Notar a deposição de cascalhos no topo do perfil, demonstrando a grande energia da corrente fluvial que conferiu competência ao curso d'água para transportar cascalhos e calhaus que foram depositados recentemente no topo da aluvião.



FOTO 4.2.4.17 – Vista do rio Bezerra em um ponto no qual é possível observar as ilhas formadas pelos bancos de areia evidenciando o padrão anastomosado.



FOTO 4.2.4.18 - Grande acúmulo de sedimentos, em sua maioria compostos por areia e poucos cascalhos, o que evidencia a grande capacidade fluvial, porém a baixa competência no transporte fluvial de sedimentos.



FOTO 4.2.4.19 – Um dos poucos afluentes do rio Bezerra que apresenta trechos tipicamente meândricos. Notar os pequenos bancos de areia nos pontos convexos das curvas e nos pontos côncavos ocorrem o processo de solapamento.



FOTO 4.2.4.20 – Trecho do rio Bezerra onde a velocidade da corrente é baixa. Isso se deve ao fato de existir a jusante estruturas rochosas em forma de soleira que alteram o nível de base local, fazendo com que o rio fique com baixa capacidade e competência para transportar sedimentos neste trecho. Nota-se também menor largura do canal em comparação aos trechos a jusante.



FOTO 4.2.4.21 – Trecho mais a jusante do que o ilustrado na foto anterior. Observar a grande barreira impostas por estrutura rochosas ao longo do leito. Esta grande soleira impõe a trechos do rio níveis de base locais que controlam os processos de retirada, transporte e deposição, principalmente a montante deste ponto.



FOTO 4.2.4.22 – Vista por outro ângulo da grande soleira transposta pelo rio Bezerra. Observar os grandes fragmentos de rocha e sedimentos desagregados e transportados pelo rio, principalmente nos picos cheias devidos as chuvas irregulares e torrenciais, típicas da região.



FOTO 4.2.4.23 – Vista da pequena queda d’ água em afluente do rio Bezerra, córrego Salobo do São Bento. Nesta área afloram rochas conglomeráticas, na qual o rio entalhou o seu vale e venceu a pequena estrutura formando um rápido característico.



FOTO 4.2.4.24 – Feição típica do rio Bezerra em trecho que corta o embasamento cristalino. Trata-se de uma marmita escavada pela água e pela passagem de sedimentos que escavam e moldam estas formas na estrutura rochosa ao longo de seu leito.

Modelado de Dissolução

O modelado de dissolução, que se desenvolve em terrenos cársticos (particularmente em rochas carbonáticas), foi estimado por Karman (1994) que possivelmente ocuparia cerca de 5 a 7% do território nacional. Sua grande importância encontra-se na especificidade das paisagens e diversidade de formas criadas por processos geológicos e geomorfológicos, governados pela desnudação química, como também por apresentar cavidades que podem resguardar relíquias arqueológicas e vestígios sobre a morfogênese da paisagem (registros paleoclimáticos e paleoecológicos).

A existência das formas de relevo criadas em ambiente cárstico tem forte vínculo com a quantidade de água disponível na área, pois este é o principal veículo responsável pela dissolução das rochas. O controle litológico e estrutural também exercem papel fundamental na modelagem e criação das formas típicas do carste (PILÓ, 1998 e 2000).

Os terrenos cársticos desenvolvidos em rochas carbonáticas são reconhecidamente os mais evoluídos e com complexo de formas de relevo mais numeroso. Os processos, o modelado e os materiais envolvidos dão feição a relevos com gênese própria e dependendo de sua posição no terreno recebem uma classificação específica com objetivo de facilitar o seu estudo, podendo ser um exocarste (formas de relevo em superfície), epicarste (zona de interface solo-rocha) e endocarste (rede hídrica subterrânea e sistema de caverna associada).

Piló (2000) assinala que os três domínios (exocarste, epicarste e endocarste) apresentam particularidades onde encontram-se as estruturas e mecanismos responsáveis pela operação de processos geomorfológicos atuais, assim como de lugares que guardam importantes registros de processos do passado.

De acordo com Karman (1994) do ponto de vista hidrológico e geomorfológico os terrenos cársticos apresentam 3 componentes com interdependência, a saber:

- ✓ Sistema de cavernas
- ✓ Condutos e rios subterrâneos
- ✓ Formas de relevo em superfície (dolinas, poljes, uvalas, sumidouros, surgência, entre outros)

Na área de estudo os terrenos cársticos são modelados sobre rochas do Grupo Bambuí, compostas por calcários e dolomitos, em sua maioria. Por meio do trabalho de campo e imagens de satélite foi possível observar grandes estruturas que compõem o exocarste da área. A maior parte do exocarste aparece exumado, facilitando assim a visualização e mapeamento das formas de relevo deste tipo de terreno.

Ao longo da extensão dos afloramentos que compõem o Grupo Bambuí, na área de estudo e no seu entorno, o exocarste é proeminente. Apresentam a forma de morros testemunhos e relevo ruiformes, como torres calcárias, totalmente dissecadas por processos químicos e secundariamente físicos. Em seu topo, devido ao forte processo de dissolução, ocorre micro formas conhecidas como lapiás, onde podem se formar condutos verticais centimétricos, até

abismos com dezenas de metros, que podem ou não apresentar ligação com cavidades maiores em profundidade (cavernas).

Nos topos dos morros existe vegetação de grande porte, porém esparsa, que consegue se fixar de forma impressionante nas pequenas saliências do corpo rochoso. Apesar do solo ser incipiente nos topos, pois o carste é totalmente exumado, a vegetação se fixa em pontos com pouquíssimo solo e às vezes com ausência total, com as raízes indo até o fundo de galerias para encontrar nutrientes e água, como é caso das figueiras que servem de indicadores da existência de cavernas devido às suas profundas raízes em busca de água.

Também merecem destaque as formas do exocarste denominadas de dolinas ou a coalescência destas reconhecidas como uvalas. As dolinas são formas das mais particulares que ocorrem no exocarste. As dolinas são depressões fechadas circulares ou elípticas que se formam na superfície, em função da dissolução de rochas solúveis, normalmente em subsuperfície. Estas formas podem atingir poucos metros a centenas de metros de profundidade por várias centenas de metros de diâmetro. As dolinas podem ser classificadas em dolinas de dissolução, colapso ou abatimento, dolina de colapso devido ao carste subjacente e dolinas aluviais ou de subsidência (JENNINGS, 1985; PILÓ, 1998; KARMAN, 1994).

As dolinas são consideradas formas de relevo fundamentais, principalmente para entendimento da origem e evolução das cavidades subterrâneas. Sua gênese está ligada à fatores que controlam seu desenvolvimento, sendo que Fairbridge (1968) considerou que a estrutura geológica, tais como inclinação, linhas de fraqueza e assimetria e natureza da cobertura vegetal podem contribuir para a formação e aumento das dolinas (aceleração dos processos de dissolução), quantidade de chuva e flutuações do nível d'água.

Na área de estudo foi encontrado um pequeno campo com três dolinas (uvala) sendo uma abatida, uma com preenchimento de água e outra seca, porém aparentemente sem ligação subterrânea uma com a outra (ver FOTO 4.2.4.25).

As feições do exocarste foram mapeadas e estão apresentadas no mapa geomorfológico de detalhe, que foi baseado em trabalho de campo e imagem de satélite *World View*, com 0,5m de resolução espacial, o que possibilita a visualização de pequenas feições devida a altíssima resolução da imagem.

Como salientado, na área de estudo boa parte do carste está exumado, no entanto a trechos onde este se apresenta enterrado, intercalando-se em forma de lentes com siltitos, também do grupo Bambuí. Nestas áreas destacam-se as formas e processos relacionados ao epicarste, no contato solo rocha.

Os solos formados por intemperismo sobre as rochas carbonáticas, na área de estudo, são sempre maduros, porém muito rasos, com no máximo 1,5m de profundidade. Apresentam matriz muito argilosa, caracterizando-se como podzólico, com presença de fragmentos de rocha calcária. O contato com a rocha é abrupto e a zona de maior pedogênese (solo-rocha) é pouco eficiente, tendo mais sucesso a desnudação química com ataque direto ao corpo rochoso e a formação de solo é quase sempre rasa.

A alteração e formação dos solos assumem papel de destaque na análise do epicarste, pois esses materiais encontram-se em contato direto com a rocha subjacente, influenciando a circulação hídrica interna e a elaboração da morfologia rochosa coberta, como também o exocarste e o endocarste (PILÓ, 2000).

Pedro (1976, *apud* PILÓ, 1998), estudando solos com características análogas aos da área de estudo assinalou que a individualização de solos com presença significativa de argila pode ser originada de material geológico de natureza argilosa, dos processos de alteração de rochas silicatadas ou da alteração de rochas calcárias com uma quantidade considerável de impurezas argilosas. Como o carbonato de cálcio se dissolve mais rapidamente do que a fração silicatada, a evolução superficial sobre climas úmidos se traduz por uma acumulação relativa de argilas, que nesses casos são herdadas dos processos de alteração da rocha.

Abaixo deste solo raso e também no interior dos morros cársticos podem se formar estruturas complexas subterrâneas (condutos e depósitos químicos, clásticos e orgânicos) denominadas de endocarste. O endocarste tem ligação com o epicarste e exocarste, tendo muitas vezes sua origem e desenvolvimento condicionado por estes.

Entre todas as formas de relevo que podem se formar em terrenos cársticos a que talvez receba maior destaque e importância são as cavernas. Estas grandes cavidades subterrâneas são formadas por processos de denudação química e presença de cursos d'água subterrâneos, além do controle estrutural imposto pelo corpo rochoso e sua relação entre a área de recarga e descarga de água.

As cavernas estão entre as formas de relevo geradas em ambiente de dissolução carbonática mais estudada. Pesquisadores têm mostrado que existem vários tipos de cavidades subterrâneas, com gênese e origem diferenciadas e de acordo com a disponibilidade hídrica, tipo de rocha e solo subjacente, com destaque para a porosidade, tipo de exocarste, principalmente a existência de dolinas que quase sempre possui vínculo estreito com a formação e ampliação das cavernas. Além disso, destaque especial deve ser dado aos rios subterrâneos que possuem função primordial na gênese e evolução das cavernas, especialmente na inter-relação entre as zonas vadosa e freática (WAELE *et al*, 2009).

Na área de estudo foi visitada uma caverna (ver FOTOS 4.2.4.30 e 4.2.4.31) na qual foi possível observar as variadas formações dos espeleotemas (estalactite, estalagmite, cortinas, etc.). Salienta-se que será dado maior ênfase nos estudos envolvendo cavernas no capítulo específico sobre espeleologia. A seguir apresentam-se os registros fotográficos que ilustram as principais estruturas cársticas da área de estudo.



FOTO 4.2.4.25 – Vista de morro escarpado característico do exocarste. Observar estruturas ruiniformes fruto da dissolução química e também a cobertura vegetal que se fixou nas reentrâncias da rocha, mesmo nas paredes mais declivosas com mais de 90°. A cobertura vegetal é de fundamental importância na potencialização da dissolução das rochas carbonáticas, pois a quantidade de CO₂ presente no solo é cerca de 15 vezes superior à da atmosfera.



FOTO 4.2.4.26 – Morro testemunho na área de estudo. No interior desta torre calcária foi encontrada pequena cavidade com cerca de 1m de diâmetro e extensão desconhecida. Notar a presença de árvores esparsas em todo morro.



FOTO 4.2.4.26 – Outra estrutura cárstica de grandes dimensões. Observar a cobertura vegetal. Logo abaixo deste morro ocorre grande caverna (ver FOTOS 4.2.4.30 e 4.2.4.31).



FOTO 4.2.4.27 – Afloramentos de rocha calcária no pé de um morro testemunho. Observa-se a presença de cactáceas, que evidenciam reliquitos de oscilações climáticas passadas, quando o clima era relativamente mais seco, a exemplo do que vê atualmente nos domínios morfoclimáticos das caatingas.



FOTO 4.2.4.28 – Área característica de solo calcário onde aparecem remanescentes de árvores barrigudas (*Cavanillesia aborea*), indicadores de solos calcíferos com material fino. Estas áreas são originalmente reconhecidas como sendo mata de calcário.



FOTO 4.2.4.29 – Dolina abatida com presença de vegetação, no centro da foto. É possível que aja condutos subterrâneos ligados aos processos que abateram a dolina.



FOTO 4.2.4.30 – Caverna encontrada na área de estudo. Observar as formações dos espeleotemas, caracterizando a grande beleza cênica da cavidade.



FOTO 4.2.4.31 – A mesma caverna da foto anterior. A foto foi tirada do seu interior mostrando a entrada da gruta, observando as diversas formações.

Mapeamento Geomorfológico

O mapeamento geomorfológico é um instrumento diferencial em análises da evolução da paisagem, especialmente na espacialização dos processos, formas e materiais envolvidos na gênese e evolução do relevo terrestre.

A área drenada pelo rio Bezerra e a rede de drenagem tributária que compõe sua bacia hidrográfica, como também um pequeno trecho das cabeceiras do Córrego Tiúba, no trecho onde se encontra o Projeto ARRAIAS, eleita como sendo a Área de Estudo apresenta um modelado característico, que tem grande influência de alguns fatores conjugados: as estruturas geológicas e a ação do clima e o trabalho dos cursos d'água que modelaram as formas de relevo, dando feição a morfologias e tipos de solos característicos. A conjugação de fatores pedogenéticos e morfogenéticos são os principais responsáveis pela esculturação e conformação do relevo na escala de análise local que se pretende (1:50.000), nas quais predominam os processos morfoclimáticos, sobre os estruturais.

A inter-relação entre o modelado (processos morfoclimáticos) e as estruturas (tectônica) são os maiores responsáveis pela evolução das formas de relevo e pela configuração das paisagens terrestres, condicionando a cobertura vegetal, tipo de solo e secundariamente até a distribuição da fauna. A importância e a interdependência dos aspectos relacionados a tectônica e à morfodinâmica foi muito bem assinalado por Tricart (1974), conforme segue.

“As forças internas que criam irregularidades na superfície terrestre permitem que a força da gravidade possa ocorrer. Os movimentos tectônicos, vulcanismo e eventos localizados, são, portanto, na prática, a causa de toda a condição para que possa ocorrer a evolução morfogenética, como Davis inicialmente havia observado” (TRICART, 1974). Como indicado, os processos de dissecação, condicionados pelo clima, são influenciados pela natureza e disposição das rochas, e pela evolução tectônica geral de determinada região. A erosão morfoclimática está subordinada ao alívio produzido pela estrutura, e essa subordinação é particularmente uma questão de escala. Em geral, pode-se dizer que as influências estruturais predominam quando uma área é vista em pequena escala, e as influências morfoclimáticas quando é visto em escala maior.

Portanto, além das influências e condicionamentos ao tipo cobertura vegetal e distribuição de solos em uma determinada área, os processos relacionados a evolução da paisagem e em especial aqueles ligados às formas de relevo devem ser observados conforme a escala de análise adotada. Desta forma, será dado maior ênfase no mapeamento aos processos que moldam o relevo e subordinadamente às estruturas, que no nível de detalhe 1:50.000, não possuem grande expressividade, apesar de sua importância.

Procedeu-se ao reconhecimento e espacialização das formas de relevo a elaboração de um mapa geomorfológico de detalhe, na escala 1:50.000, seguindo a metodologia expressa em Tricart (1965), Demek (1967 e 1972), Savigear (1965), Klimaszewski (1982 e 1988) e Estaiano (2007).

O mapa gerado obedeceu aos procedimentos de campo descritos em Tricart (1965) com o apoio de foto interpretação e posterior realização de observações, coletas e análises a fim de caracterizar as formas de relevo. Também foram utilizados outros documentos cartográficos

que auxiliaram na identificação e classificação do relevo local, como a carta clinográfica, o modelo digital de elevação, carta hipsométrica, mapa de uso e ocupação do solo, imagem de satélite de alta definição e perfis topográficos auxiliares.

As formas de relevo foram agrupadas em unidades homogêneas, levando em consideração os pressupostos de Demek (1967). Também foram identificadas feições pontuais e lineares importantes para identificação de elementos chave para o reconhecimento do modelado, como a forma dos topos, dos vales, a ocorrência de feições erosivas e áreas sujeitas a ocorrência de processos geológicos e geomorfológicos (inundações periódicas, escorregamentos de massa, entre outros) e feições estruturais. Os atributos mais importantes para classificação das unidades e subunidades foram: forma, medida, litologia, estrutura, tipo de solo, declividade, hipsometria, processos geomorfológicos atuantes e, secundariamente, idade relativa das formas.

No DESENHO 988.0.2.1-EIA-06 é apresentado o Mapa geomorfológico de detalhe, construído com objetivo de identificar as principais feições do relevo e os processos atuantes na área de intervenção direta do PROJETO ARRAIAS e sua Área de Estudo.

Para as formas de relevo foram mapeadas 5 (cinco) unidades identificadas por cores e números romanos conforme apresentado no QUADRO 4.2.4.1, a seguir:

QUADRO 4.2.4.1.
FORMAS DE RELEVO

Classificação	Formas de relevo
I	Planícies Fluviais Restritas e bancos de Areia
II	Morros Cársticos
III	Serras residuais
IV	Morros residuais
V	Pedimento (<i>glacis</i> degradadas)

O mapa geomorfológico de detalhe foi concebido em escala de detalhe (1:50.000), que possibilitou definir o grau de complexidade dos fenômenos observados. Os critérios adotados para elaboração do mapa foram aqueles expressos no manual de mapeamento geomorfológico de detalhe organizado por Demek (1972) e na obra de Tricart (1965), no qual são considerados os dados morfométricos (informações métricas importantes como declividade), morfológicos (geometria das formas e feições), morfogenéticos (processos) e morfocronológicos (idade das formas).

De acordo com as unidades mapeadas e as feições lineares presentes, foi possível estabelecer relações processuais e interpretações dos aspectos relacionados à morfodinâmica da área. Os processos morfodinâmicos são aqueles evidenciados na superfície terrestre, considerando sua magnitude e frequência no momento atual e sub-atual, associadas ou não às derivações antropogênicas. A morfodinâmica analisa o presente, levando em consideração as relações processuais em uma escala de tempo atual na qual o homem constitui o maior agente destas modificações da superfície. As intervenções

antrópicas provocam alterações rápidas e diversas em relação aos mecanismos naturais, pois a intensidade e a frequência com que o homem intervém no meio modifica as relações intrincadas da natureza, especialmente aquelas vinculadas ao meio físico (ESTAIANO, 2007).

A evolução morfogenética da área de estudo foi mais expressiva no último quartel do cenozóico, em conjunto com os eventos tectônicos (desde o Terciário até o Pleistoceno, com a reativação *Wealdeniana* e suas consequências) e as mudanças climáticas quaternárias que moldaram as formas de relevo. O QUADRO 4.2.4.2, extraído do projeto Radam Brasil, apresentado a seguir, demonstra um resumo da evolução da área com destaque para evolução da geomorfogênese.

QUADRO 4.2.4.2
SÍNTESE DA GEOMORFOGÊNESE PARA ÁREA DE ESTUDO

EVENTOS GEOMORFOLÓGICOS	FORMAS DE RELEVO	SISTEMA MORFOGENÉTICO		MOVIMENTOS TECTÔNICOS	TEMPO GEOLÓGICO
		PROCESSOS	MATERIAIS CORRELATIVOS		
Aluvionamento de planícies fluviais, esculturação das veredas, dissecação de modelados de aplanamento com exumação de Karsts.	Planícies Fluviais: diques aluviais, paleovales e Karsts em exumação.	Escoamento fluvial	Aluviões arenosas e cascalheiras fluviais, argilas e silte nas planícies de inundação.	-	Holoceno
Pediaplanção, fossilização dos karsts nas depressões, retoques dos aplanamentos sobre os planaltos.	Aplanamentos retocados inumados, áreas de acumulação inundáveis e karsts cobertos nas depressões.	Alternância de escoamento superficial e de meteorização.	Depósitos detríticos arenosos, fragmentos de rocha com predominância de quartzos ou couraças formando linhas de pedra.	-	Pleistoceno Superior (neopleistoceno)
Pediaplanção nas depressões com recuo das escarpas dos planaltos e retoques na superfície de aplanamento sobre os planaltos.	Aplanamento retocado inumado com rampas coluvionadas nos planaltos; aplanamento degradado inumado nos sopés dos planaltos.	Alternância do escoamento superficial e de meteorização.	Depósitos detríticos arenosos e cascalheiras formando linhas de pedra.	-	Terciário Superior (Plioceno)
Início da dissecação dos aplanamentos do Terciário Inferior; levantamento e arqueamento de blocos dos planaltos e subsidência na depressão do Tocantins.	Escarpamentos nas bordas dos planaltos; incisões profundas em sulcos estruturais; dissecação intensa nos blocos levantados.	Escoamento fluvial; alternância generalizada; acumulação nos sopés das escarpas.	Alteritas e latossolo	Epirogênese	Terciário médio
Degradação do relevo como dissecação nos planaltos e recuo das escarpas do pediplano Cimeiro; aluvionamento em depressão situadas sobre rochas do Grupo Bambuí, com fossilização de karst e do aplanamento dos atuais Patamares do Chapadão.	Modelados de dissecação; vales e sulcos estruturais: anticlinais esvaziadas, sinclinais suspensas e Karsts cobertos.	Escoamento fluvial sobre os planaltos e em canais anastomóticos.	Sedimentos continentais das Formações Areado e Urucuia	Reativação tectônica	Cretáceo Superior e Cretáceo Médio.

Fonte: PROJETO RADAM BRASIL (Folha Brasília, SD-23), 1982.

Como salientado, foram identificados por meio do mapeamento 5 (cinco) unidades geomorfológicas ocorrentes na área de influência direta e seu entorno próximo. As unidades geomorfológicas identificadas estão vinculadas aos processos morfogenéticos que agiram sobre o embasamento da área. A Inter-relação existente entre a geologia, solo e a geometria das formas de relevo foram os fatores principais para classificação destas feições. As seis unidades de relevo foram assim classificadas:

- *Planícies Fluviais restritas*: A primeira unidade refere-se às formas agradacionais relacionadas as planícies fluviais restritas, principalmente ao longo do rio Bezerra. Os terrenos onde se desenvolvem esta unidade são mais ou menos planas, podendo ocorrer bancos de areias e cascalhos. Esta unidade tem pouca expressão na área mapeada, pois a maior parte dos cursos d'água possuem regime intermitente correndo em terrenos da Suíte Auramina (granitos e gneisses), que fornece grande resistência para a formação de planícies fluviais.
- *Morros Cársticos*: morfologia denudacional com formas arredondadas e angulosas com predomínio de amplitudes topográficas em torno de 100m e declividade em torno de 15° e que podem atingir valores superiores a 45° nas áreas com afloramentos de rocha cárstica. Esta morfologia é considerada residual em relação as depressões cársticas e sobressaem sobre o nível de base da carstificação sendo geradas por processos erosivos e de dissolução. É muito comum a ocorrência de *lapiás* nos trechos aflorantes e também cavernas e cavidades no interior destes morros.
- *Serras Residuais*: formadas por escarpas estruturais festonadas e serras alongadas predominando amplitudes topográficas locais em torno de 200m e declividades superiores a 35° nas vertentes escarpadas. Estes relevos residuais denominados de Serra de Arraias e Chapadão dos Negros alojam as nascentes dos principais rios, como o Bezerra. As rochas que sustentam estas formas são sustentadas por quartzitos do Grupo Arai.
- *Morros Residuais*: relevos de morros e serras restritas residuais, sustentadas por litologias particulares (silexito) predominando amplitudes topográficas locais acima de 120m e declividades de 15 a 30°. Possuem topos planos a convexos com afloramentos rochosos em toda extensão. Estão inseridos na entre o Pediplano degradado e sua maior expressão ocorrem no morro residual denominado Serra das Gerais, em seu flanco leste.
- *Pediplano Degradado*: são áreas mais ou menos planas com suave declividade restringida pelos relevos residuais ocorrentes na área, podendo incidir modelados convexos rebaixados por processos denudacionais relacionados aos sucessivos ciclos de aplanamento que ocorreram na região. Foram trabalhados nos terrenos formadas pela Suíte Auramina (granitos e gneisses) na qual o rio Bezerra e seus afluentes (área de cabeceira) erodiram formando grande área pediplanada. Também ocorrem trechos trucados nas litologias do Grupo Bambuí.

Ressalta-se que o jogo de forças externas e internas impõe tipos de formas ligadas aos macro compartimentos, ou seja morfoestruturas. No entanto, para os estudos em escala de maior detalhe, como é para o presente caso, 1:50.000, é dada maior ênfase às forças externas regidas pela morfogênese e pedogênese, que controlam e esculpem o modelado das

formas, a morfoescultura. Este modelado tem vínculo profundo com os materiais que o sustentam. Essa cadeia dinâmica, quando desequilibrada, provoca o aparecimento de feições que podem desestabilizar processos de vertentes e fluviais, gerando formas erosivas, trechos assoreados, recalques, escorregamentos, *creep*, entre outros. Estes processos atuais são regidos pela dinâmica atual de superfície, a morfodinâmica. Contudo, esta cadeia natural de processos pode ser desestabilizada pela variável antrópica.

Neste sentido, o reconhecimento do homem como agente modificador da superfície implica a compreensão de que as relações entre o homem e o meio físico não se dão somente com a criação de uma nova morfologia. A atividade humana modifica taxas, intensidades, magnitudes, frequências e limiares dos processos geomorfológicos, além de retirar e remobilizar grandes quantidades de material (ESTAIANO, 2007; RODRIGUES, 2005; SELBY, 1985).

Os processos geomorfológicos naturais podem, então, ser intensificados, extintos ou ainda apresentarem desenvolvimento reduzido, desencadeando mudanças no desenvolvimento do relevo e do modelado. O balanço geomorfológico determinado pela produção, retirada, transporte e deposição passa a ser transformado, atingindo os limiares para aceleração de processos que modificam, finalmente, as formas de relevo. Estes processos acontecem entre as interações rocha-solo-relevo e os agentes de transformação cobertura vegetal, água, clima e o homem (ESTAIANO, 2007).

Conforme assinalam Nir (1981); Toy e Hadley (1987); Rodrigues (2005) a avaliação e dimensionamento de mudanças exigem conhecimento das condições originais do sistema físico afetado, reconhecendo-se a morfologia original, a partir da qual as ações antrópicas se desenvolveriam gerando a morfologia antropogênica. Neste sentido, o mapa geomorfológico foi elaborado de forma que representasse a morfologia mais próxima do original possível, ou seja, antes da implantação do empreendimento, prevendo a instalação das áreas de lavra, fábrica e barragens.

Toy e Hadley (1987) assinalam que o período de intervenção ativa equivale ao tempo máximo de desequilíbrio entre a superfície (morfologia) e os processos geomorfológicos reinantes. Esse desequilíbrio é provocado pelas técnicas empregadas nas escavações e remanejamento de materiais, ocorrendo induções e acelerações dos processos naturais como os erosivos de deposicionais (assoreamento).

Rodrigues (2004, p.95) aponta para importância do entendimento das áreas anteriormente às intervenções antrópicas, o que a autora denominou de estágio de pré-perturbação que *“constituem os parâmetros para o dimensionamento das modificações, pois, sem esse conhecimento, não é possível avaliar a magnitude dos impactos das ações que se sobrepõem ao sistema investigado, tampouco investigar variáveis mais relevantes para detonação de determinados processos indesejáveis”*

É importante ressaltar que, no caso específico do PROJETO ARRAIAS, que se configura em uma atividade extrativa de fosfato, com conformação de áreas de barragens de rejeito e captação de água juntamente com a construção de uma indústria para o fabrico de fertilizantes, existem várias modalidades de intervenção sobre as formas de relevo que

dependendo do tipo de minério, jazimento, configuração do modelado e o tipo de extração e beneficiamento desenvolvido darão base para o melhor dimensionamento dos impactos sobre as formas de relevo. Cada ação direta sobre as formas de relevo, que objetiva a extração do mineral subjacente, possui uma técnica específica para sua extração, seu reconhecimento é essencial para interpretar e analisar as principais mudanças que ocorrerão na morfologia original (ESTAIANO, 2005).

Os processos de extração, beneficiamento, descarte do rejeito e geração de material estéril darão feição a um tipo de modelado produzido pela retirada e deposição de materiais que mudam a dinâmica da relação da morfogênese com a pedogênese, processo responsável pela dinâmica do modelado da área (ESTAIANO, 2007), criando novas morfologias para área a ser ocupada pelo projeto da Itafós em Arraias.

As modificações das formas de relevo e a criação de novas morfologias são alterações expressas na paisagem. Os fundos de vales onde estão previstos a instalação de barragens modificarão o regime fluvial como também soterraram parte das áreas de inundação naturais com aumento vertical de material. Contudo, a disposição de rejeitos em barragens é uma técnica consagrada em mineração e necessária para a existência da atividade de extração e beneficiamento deste tipo mineral.

Os trechos previstos para execução das lavras do minério fosfático e local de instalação da unidade fabril encontra-se em área formada pelo Grupo Bambuí, onde predominam formas de relevo relacionadas aos ambientes cársticos, fato que merece ser destacado pela grande fragilidade deste terrenos. A proximidade com cavidades e dolinas é fato importante que ganha forte relevância, principalmente pelos aspectos relacionados à geotecnia e a vulnerabilidade da área. No próximo item será abordado os principais elementos da geotecnia ambiental e a suscetibilidade dos terrenos e no capítulo que abrange os impactos ambientais será dada ênfase para os aspectos relacionadas a estas áreas e as formas de relevo (morfologia do terreno).

- ✓ **Fragilidade ambiental**
- ***O mapa de fragilidade ambiental***

O mapa de fragilidade ambiental é um documento complexo que integra certo número de dados do solo, geologia, relevo e uso e ocupação da terra de uma determinada área, sintetizando e interpretando as informações, prevendo possíveis respostas a intervenção humana, pois o meio físico apresenta, além de potencialidades, limites para seu uso e ocupação (SANTOS, 1989). Zuquette e Gandolfi (2004) assinalam que “este tipo de mapeamento caracteriza-se como um processo destinado à avaliação da suscetibilidade da área à processos de superfície e subsuperfície, que busca avaliar e retratar as características dos componentes do meio físico, bem como os possíveis comportamentos frente às diferentes formas de uso do solo, processos naturais e induzidos”. No presente caso, propõem-se a elaboração do mapa de fragilidade ou “mapa de suscetibilidade” do terreno aos processos de dinâmica, apresentando os graus de fragilidade ambiental.

É apresentado neste EIA o Mapa de Fragilidade Ambiental (DESENHO 988.0.2.1 – EIA – 08). A metodologia adotada para a elaboração do mapa, bem como os resultados obtidos são apresentados a seguir.

✓ **Metodologia e Procedimentos de Construção do Mapa de Fragilidade Ambiental**

Para construção do mapa de fragilidade procedeu-se primeiramente a um levantamento bibliográfico e caracterização regional dos aspectos do meio físico que se apresentassem mais relevantes para compreensão da dinâmica atual dos processos de superfície e de sub-superfície. Esta visão multiescalar proporciona uma melhor compreensão do ambiente estudado. Os dados geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrográficos, hidrogeológicos, usos do solo, entre outros, serviram de base para elaboração do mapa fragilidade ambiental, como também para elaboração de interpretações a respeito da suscetibilidade da área à instalação de processos ligados a dinâmica sub e superficial do meio físico.

O mapa de fragilidade foi elaborado a partir da base cartográfica editada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, na escala 1:100.000 (folha Arraias) e por meio das informações altimétricas obtidas de imagem ASTER/NASA com precisão espacial de 30m, e trabalhos de campo seguindo-se para o mapeamento da fragilidade ambiental os procedimentos descritos em Rodrigues (1998), Ross (1994); Rosa e Ross (1999) e Santos (1989).

A fragilidade ambiental baseia-se no conceito das unidades ecodinâmicas de Tricart (1977), fundamentada na dinâmica dos ecótopos. Tricart (1977) que avalia a abordagem sistêmica e contribui de forma determinante para a geotecnia ambiental, integrando conhecimentos que outrora estavam isolados e corrigindo o excesso unilateral de modo analítico. Deste modo o uso da teoria dos sistemas na abordagem teoria-prática justifica-se pela capacidade de rápido discernimento das alterações indiretas. Estes conceitos foram sistematizados por Ross (1994) que elaborou a metodologia para elaboração do mapa de fragilidade ambiental.

Inicialmente, foi gerado mapa de fragilidade ambiental seguindo a metodologia de Ross (1994) e Rosa & Ross (1999) e, posteriormente, procedeu-se a interpretação de imagem de satélite de alta resolução da área de estudo, complementadas com trabalhos de campo, para reconhecimentos de áreas potencialmente frágeis, de ocorrência de feições erosivas (sulcos e ravinas), assoreamentos, concentração do escoamento superficial, subsidência, colapsos, escorregamentos, afundamentos e recalques. Utilizou-se das feições mapeadas e espacializadas no Mapa Geomorfológico (DESENHO 988.0.2.1-EIA-06).

Para geração do mapa-síntese, procedeu-se a interpolação de cinco mapas temáticos: uso e ocupação do solo, pedologia (solos), clinográfico (declividade), geomorfológico (relevo) e geológico (litologia) todas na escala de detalhe 1:50.000. Os resultados obtidos são apresentados no DESENHO 988.0.2.1-EIA-08 - Mapa de Fragilidade Ambiental. Foram classificados cinco níveis de fragilidade potencial: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

Como explicitado, utilizou-se a metodologia desenvolvida por Ross (1994) e ampliada por Rosa e Ross (1999), com a adaptação para a utilização do geoprocessamento em ambiente SIG. A partir da construção das bases denominadas “produtos intermediários”, passa-se para o nível de correlação, com a adoção da fragilidade potencial de cada tema relacionado, a saber:

- Declividades
- Solos
- Uso da Terra
- Relevo
- Geologia

Inicialmente, foi elaborada a classificação final pretendida para o mapa de fragilidade, tendo sido criadas as seguintes classes:

- Muito Baixa (1)
- Baixa (2);
- Média (3);
- Alta (4);
- Muito Alta (5).

Cada classe recebeu um valor (um peso) de 1 a 5 - classe Muito Baixa: peso (1) até classe Muito Alta: peso (5) - necessário para dar entrada no sistema utilizado para o relacionamento, que trabalha sempre em matrizes numéricas. Posteriormente, cada tema foi classificado segundo a sua própria fragilidade, de acordo com Ross (1994). Nos QUADROS 4.2.4.3 a 4.2.4.6 são apresentadas as fragilidades de cada um dos quatro temas abarcados.

QUADRO 4.2.4.3

FRAGILIDADE PARA USO DA TERRA

CLASSE (segundo mapa de uso e ocupação do solo)	FRAGILIDADE
Campo antrópico/pastagem	Alta (4)
Cultura	Média (3)
Deposição fluvial	Muito Alta (5)
Hidrografia	Não Utilizado
Solo exposto	Muito Alta (5)
Vegetação de Cerrado	Média (3)
Vegetação de Cerradão	Baixa (2)
Vegetação de Cerrado com afloramento cárstico	Alta (4)

QUADRO 4.2.4.4

FRAGILIDADE PARA DECLIVIDADES

CLASSE	FRAGILIDADE
Até 6%	Muito Baixa (1)
6 a 12%	Baixa (2)
12 a 20%	Média (3)
20 a 30%	Alta (4)
Acima de 30%	Muito Alta (5)

QUADRO 4.2.4.5
FRAGILIDADE PARA SOLOS

CLASSE (segundo mapa pedológico de detalhe)	FRAGILIDADE
Cambissolos Háplico	Alta (4)
Latossolos Vermelho	Baixa (2)
Neossolos Quartzarênico	Muito Alta (5)
Neossolos Pétrico	Muito Alta (5)
Plintossolo Pétrico	Alta(4)

QUADRO 4.2.4.6
FRAGILIDADE PARA RELEVOS

CLASSE (segundo mapa geomorfológico de detalhe)	FRAGILIDADE
Planícies Fluviais Restritas e bancos de Areia	Muita alta (5)
Morros Cársticos	Muita alta (5)
Serras residuais	Alta (4)
Morros residuais	Alta (4)
Pedimento (glacis degradadas)	Baixa (2)

QUADRO 4.2.4.7
FRAGILIDADE PARA GEOLOGIA

CLASSE (segundo mapa geomorfológico de detalhe)	FRAGILIDADE
Grupo Araí (Quartzitos e Silexitos)	Média (3)
Grupo Bambuí (Calcários, Dolomitos, Margas e Siltitos)	Muita alta (5)
Suite Auramina (Granito e Gnaisses)	Baixa (2)

Uma vez que todas as classes apresentavam o seu índice de fragilidade individual, foi elaborado o relacionamento dos temas, apresentando como resultado o “Mapa de Frgilidade Ambiental”. Para o relacionamento dos temas foi utilizada a extensão *Model Builder*, do módulo *Spatial Analyst*, do *ArcView 9.3*. Essa extensão permite o trabalho de co-relacionamento apresentando como grande vantagem a criação de um simples fluxograma.

Os *softwares* produzidos pela ESRI utilizam sempre o formato *GRID* para os procedimentos de análise espacial e de relacionamentos entre Planos de Informação. Os formatos *GRID*'s são do tipo “Raster”, onde uma grade é disposta dentro de coordenadas geográficas ou planas. Esse sistema permite assim o relacionamento entre as células gerando uma camada de *layers* relacionados.

Assim, uma vez de posse dos valores de referência foi elaborado o fluxograma do processo para criação da fragilidade ambiental (FIGURA 4.2.4.8) e informado ao sistema quais os parâmetros particulares para cada tema (FIGURA 4.2.4.9 e 4.2.4.10). Por exemplo, no caso da declividade qualquer *pixel* encontrado que esteja na declividade até 6%, apresenta uma fragilidade muito baixa, independentemente dos outros temas. Por outro lado, no caso de uso da terra pastagens, apresentam uma fragilidade bem maior, considerada alta; como o software trabalha com classificações numéricas, o primeiro exemplo recebe o valor 1 e o segundo o valor 4. Após o relacionamento, o Mapa de Fragilidade Ambiental foi convertido de *GRID* para formato *ShapeFile*.

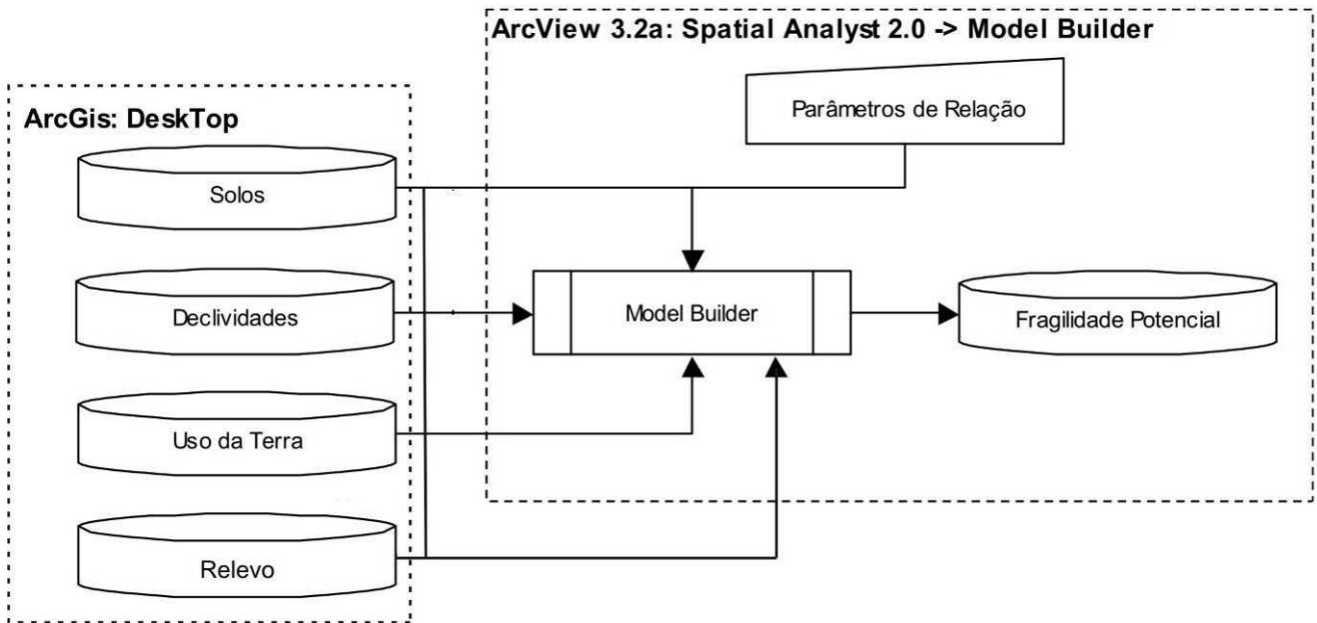


FIGURA 4.2.4.8 - Fluxograma dos processos para a criação da fragilidade ambiental.

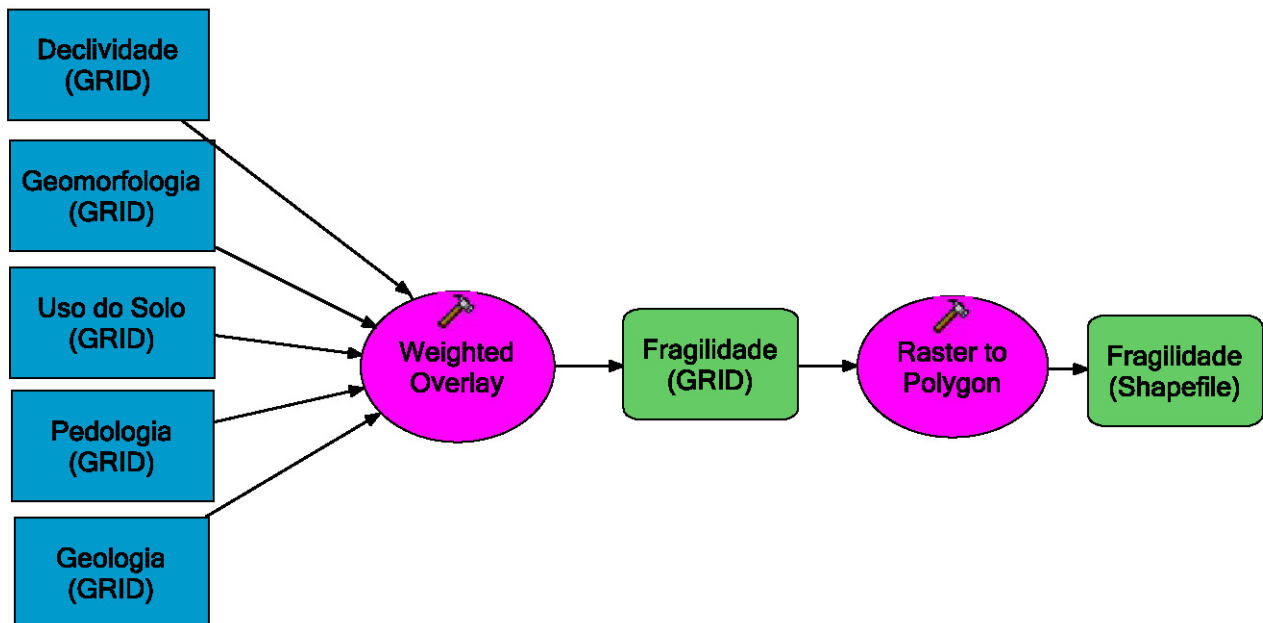


FIGURA 4.2.4.9 - Fluxograma de relacionamento do “Model Builder”.

	% Influenc	Field	Scale Value	Scale Value (Classes de Fragilidade)
Uso do Solo	20	Nome		1- Muito Baixa
		Campo	4	2- Baixa
		Cerradão	2	3- Média
		Cerrado_Carste	4	4- Alta
		Cultura	3	5- Muito Alta
		Dep_Fluvial	5	
		Hidrografia	Restricted	
		Cerrado	3	
		Solo_Exposto	5	
		NODATA	NODATA	
Declividades	35	CLASSES		Restricted Values: Informa que os valores para a classe "Hidrografia" não deverá ser calculado.
		Até 6%	1	
		6% a 12%	2	
		12% a 20%	3	
		20% a 30%	4	
		Mais de 30%	5	
Solos	15	NODATA	NODATA	
		CLASSES		
		FF	4	
		CX	4	
		RX	5	
		LV	2	
Geomorfologia	15	RQ	5	
		NODATA	NODATA	
		CLASSES		
		Planicies_Fluvia	5	
		M_Carsticos	5	
		S_Residuais	4	
Geologia	15	M_Residuais	4	
		Pedimento	2	
		NODATA	NODATA	
		CLASSES		
		Araí	3	
		Bambuí	5	
Auramina	2			
NODATA	NODATA			

FIGURA 4.2.4.10 - Parâmetros informados ao “Model Builder”.

Após a construção do mapa síntese em ambiente SIG, procedeu-se a comparação com o mapa geomorfológico que apresenta o mapeamento de feições morfológicas que evidenciam algum tipo de processo vinculado a erosões, assoreamentos, recalques, entre outros e morfologias que apresentam maiores propensões a deflagrações de processos ligados a dinâmica de superfície. Estas feições foram retiradas do mapa geomorfológico de detalhe e de forma complementar auxiliaram na elaboração das interpretações sobre a a fragilidade ambiental. Foram utilizados símbolos lineares, plotados no mapa síntese. Para complementação do mapeamento efetuou-se um trabalho de campo para verificação de ocorrência de feições erosivas de assoreamentos como também aquelas ligadas a outros processos que dominam a morfodinâmica da área.

✓ Resultados

Por meio do mapeamento de fragilidades é possível identificar e analisar os ambientes em função de seus diferentes níveis de fragilidade. Com estas informações, pode-se apontar as áreas onde os graus de fragilidade são mais baixos, favorecendo, desta forma, determinados tipos de inserção, e também aquelas áreas mais frágeis onde são exigidas ações tecnicamente mais adequadas a essas condições (SPÖRL, 2001).

Quanto ao grau de fragilidade, a leitura do mapa possibilita a visualização da distribuição espacial das fragilidades potenciais na área de estudo e as porcentagens de ocorrência de cada nível atingido pelo terreno mapeado, conforme apresentado no QUADRO 4.2.4.7.

A partir da análise dos dados apresentados QUADRO 4.2.4.7, conclui-se que a classe com maior ocorrência é a de fragilidade média, perfazendo cerca de 52,17% da área, logo após aparecem as baixas fragilidades, com 43,08% estas área são ocupadas pelo Pediplano do Tocantins, tanto na Suíte Aurumina drenada pelo rio Bezerra, quanto nas áreas planas dos fundos de vale como em trechos onde ocorrem os siltitos do Grupo Bambuí. O fator preponderante para que ocorresse esta classificação se deu principalmente pelo baixa declividade aliada aos fatores relacionados a geologia, tipo de solo e uso e ocupação da terra.

Já as áreas que apresentaram alta fragilidade, com 4,72% da área mapeada concentra-se nos relevos residuais localizados na porção oeste do mapa onde estão assentadas as serras de Arraias e Chapada dos Negros. Na porção leste onde ocorrem as rochas cársticas também ocorrem fragilidades altas. Em áreas muito restritas com 21,92 ha (0,04%) ocorrem fragilidades muito altas, estas estão intercaladas as fragilidades altas especialmente em trechos desmatados.

A área englobada por este estudo apresenta grau de fragilidade predominantemente média e baixa. As altas fragilidades identificadas estão fortemente relacionadas a áreas mais declivosa e aos terrenos cársticos que apresentam fragilidades inerentes. Não foi mapeada para área a classe de fragilidade muito baixa.

QUADRO 4.2.4.7
ÁREAS DE FRAGILIDADE POTENCIAL

Classe de Fragilidade	Total (em km²)	Total (em ha)	Porcentagem %
Baixa	243,33	24.333,03	43,08
Média	294,67	29.467,63	52,17
Alta	26,66	2.666,17	4,72
Muito Alta	0,21	21,92	0,04
Total	564,88	56.488,76	100

Algumas dessas áreas, sob o aspecto ambiental, são mais ou menos frágeis, dependendo de diversos fatores, tais como: substrato rochoso, ocorrência ou ausência de cobertura vegetal, morfologia e morfometria das formas de relevo, relações entre pedogênese e morfogênese, aspectos que condicionam os processos geológicos e geomorfológicos. Tais processos superficiais e subsuperficiais da dinâmica atual da área sofrem alterações pela inserção de uma variável: o homem. A ação antrópica altera o balanço geomorfológico (produção, retirada, transporte e deposição) atingindo os limiars para a aceleração de processos e até introduzindo novos processos que não existiam na área. Estes processos acontecem entre as interações rocha-solo-relevo (pedogênese e morfogênese) e os agentes de transformação vegetação-água-clima (intemperismo) e por fim, não de menor importância, a variável humana, que modifica estas relações naturais.

Conclui-se que os processos observados na área são condicionados, em sua maioria, pelo tipo de solo, embasamento rochoso, estruturas, declividade, forma de relevo, cobertura vegetal e clima, juntamente com a inserção das atividades antrópicas que em conjunto com as características naturais impuseram uma fragilidade média a baixa a área. De modo geral, não foram constatados processos ligados a grandes escorregamentos gravitacionais, voçorocas e ravinamentos, contudo, foram identificados alguns trechos assoreados ao longo do curso do rio Bezerra, pequenos trechos com erosão, formados por sulcos e pequenos ravinamentos foram constatados, principalmente ao longo de estradas de acessos. Não foram constatadas, subsidências, recalques, tombamentos, quedas de blocos e colapsos. Nas FOTOS 4.2.4.32 a 4.2.4.40 são apresentadas algumas feições típicas que foram evidenciadas em campo e que auxiliaram na interpretação do mapa de fragilidade ambiental.



FOTO 4.2.4.32 – Trecho de antiga lavra abandonada nas proximidades das áreas prevista para lavra. Observar os taludes com alto grau de declividade.



FOTO 4.2.4.33 – Área de extração por meio de Guia de Utilização onde a Itafós extrai o minério fosfático.



FOTO 4.2.4.34 – Vista de grande feição erosiva na área de estudo, onde se desenvolve uma grande voçoroca. Foi possível observar a interceptação do lençol freático, característica dos processos de voçorocamento.



FOTO 4.2.4.35 – A mesma voçoroca vista por outro ângulo, com destaque para os paredões formados por erosão regressiva.

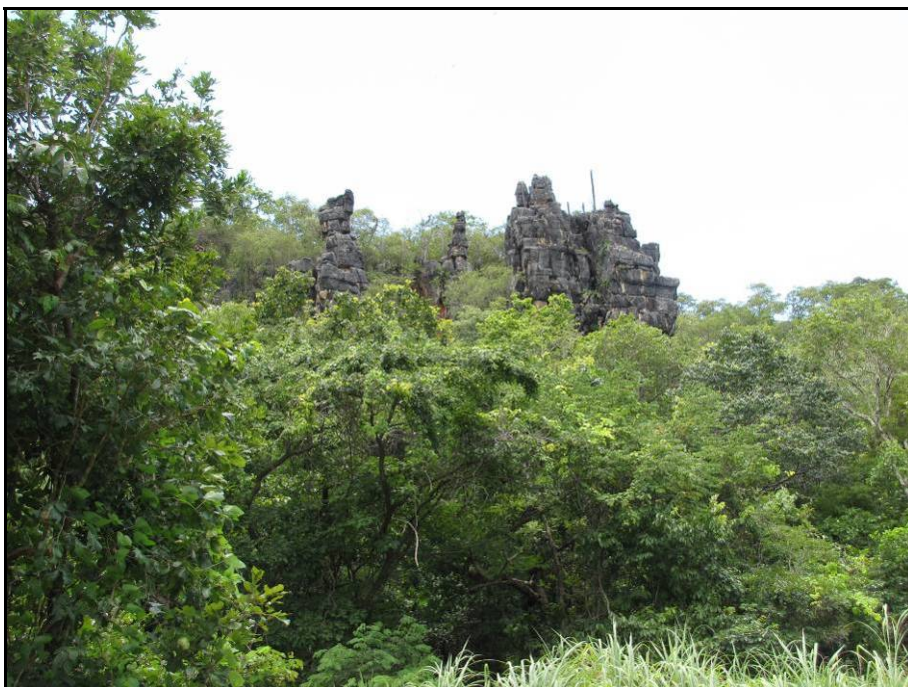


FOTO 4.2.4.36 – Típica área cárstica que onde incidem as áreas com alta fragilidade, características destes terrenos.



FOTO 4.2.4.37 – Em primeiro plano aparece o Pediplano Tocantins e com declividades suaves com fragilidades médias e baixas. Mais ao fundo observa-se a presença de morros cársticos com alta fragilidade.



FOTO 4.2.4.38 – Formas de relevo caracterizadas como residuais. Estas áreas receberam classificação de alta fragilidade, muito em função da altíssima declividade.



FOTO 4.2.4.39 – Pequenas feições erosivas ao longo das estradas de acesso. Estas são formadas principalmente pelas fortes chuvas que incidem no local no período de verão, o escoamento concentrado faz com que se formem sulcos e ravinas.



FOTO 4.2.4.40 – Pequena feição erosiva a beira de estrada de acesso na área de estudo.

4.2.5. Pedologia

O solo pode ser classificado como um corpo tridimensional, dinâmico, formado por materiais minerais e orgânicos que guarda grande relação com as formas de relevo, cobertura vegetal, hidrografia e principalmente o substrato rochoso e tipo de clima, que são condicionantes da pedogênese. Segundo Santos *et al.* (2006) as alterações pedológicas de que são dotados os horizontes do solo revelam contraste com o substrato rochoso ou seu resíduo pouco alterado ou ainda sedimentos de natureza diversa, expressando diferenciação pedológica em relação aos materiais pré-existentes em processos pedogenéticos.

Para a caracterização dos solos em escala regional adotou-se o trabalho executado pelo Projeto Radam Brasil (1982), na escala 1:1000.000. De acordo com este levantamento na área de estudo é registrada a ocorrência de 4 (quatro) classes de solos, a saber: Latossolo, Cambissolos, Litólicos e Laterita.

Segundo a antiga classificação empregada pelo Projeto Radam Brasil (1982) os solos com maior ocorrência para a área é a Laterita Hidromórfica (atual Plintossolo pela nova classificação do Sistema Brasileiro de Solos da EMBRAPA). Destacam-se também a ocorrência de duas classes de cambissolos (eutróficos e com textura cascalhenta), duas classes de solos litólicos (atual neossolo) que ocorrem nos relevos residuais e uma classe de Latossolo vermelho escuro, secundariamente também ocorrem de forma incipiente solos aluviais.

Segundo Krejci *et al.* (1982) na Depressão do Tocantins duas unidades geomorfológicas merecem destaque: o Pedimento do Tocantins e o Vão do Paranã. A primeira, na qual se encontra inserida a areado projeto Itafós, apresenta relevo plano suave ondulado resultante de uma intensa morfogênese durante o qual ocorreram espriamentos que capeiam grandes extensões sobre os quais se desenvolvem solo, em geral de natureza arenosa na superfície e afetados por uma drenagem impedida durante épocas de chuva. Na área drenada pelo rio Bezerra, especialmente em seu alto curso inserido no maciço granítico da Suíte Araumina, na região de Arraias, seu poder hidráulico produziu um modelado dissecado que varia de ondulado a suave ondulado com domínio de classes de solos Cambissolos e Plintossolos, com presença de concentração de concreções ferruginosas nos horizontes superficiais (epiconcrecionário), conforme ilustrado nas FOTOS 4.2.5.1 e 4.2.5.2.

Nas áreas dominadas pela geologia do Grupo Bambuí o relevo é relativamente ondulado com presença de morros ruiformes (cárstico) com predomínios de solos Cambissolos álicos epiconcrecionários, Neossolos e Latossolos Vermelho. Na FIGURA 4.2.5.1 é apresentado o mapa pedológico regional com as principais classes de solo classificadas pelo projeto Radam Brasil em 1982, utilizando o antigo sistema de classificação de solos.

FIGURA 4.2.5.1 – Mapa Pedológico Regional

Em escala local os solos foram mapeados seguindo metodologia expressa nos manuais consagrados de pedologia e levantamentos de solo. Desta forma, partiu-se da premissa que os solos resultam da interação de elementos como a geologia, o clima, o relevo, a vegetação, e a hidrografia. Estes elementos também fornecem subsídios para sua identificação, especialmente o relevo, a rede drenagem e a cobertura vegetal, que são indicadores diretos do tipo de solo existente.

As formas de relevo têm forte ligação com os solos, substrato direto que o sustenta. As relações entre as formas, processos e materiais podem revelar indicativos do tipo de solo existente, principalmente quando tratar-se de estudos realizados em grandes escalas ($\geq 1:50.000$), ficando evidenciado a importância do reconhecimento do sistema de vertente condicionante direto dos fluxos de água superficial e basal, sendo fator importante para formação (processos pedogenéticos) e remobilização (processos morfogenéticos) dos solos. A forma, o comprimento e o gradiente da vertente são fatores essenciais para o estabelecimento de relações diretas com o tipo de solo, levando em consideração também o tipo de embasamento rochoso e as suas estruturas, cobertura vegetal, clima e padrão e densidade da rede drenagem da área estudada.

As formas de relevo e o padrão de drenagem são os mais consistentes e confiáveis indicadores dos tipos de solo. A cobertura vegetal, porém, apesar de ser um bom indicativo, atualmente, pelo grau de modificação devido ao processo de desmatamento, não pode ser considerada em muitos casos como um fator confiável.

A morfologia do terreno controla em muitos aspectos a distribuição do solo na paisagem. Muitas diferenças marcantes entre os tipos de solo são evidenciadas pela variação topográfica juntamente com a variação do microclima, pedogênese e processos geológicos e geomorfológicos de superfície, demonstrando que as propriedades do solo variam lateralmente com a morfologia do terreno (BIRKELAND, 1984).

Gerrard (1981) assinala que a morfologia do terreno é um indicativo muito importante para classificar as classes e tipos de solo ocorrente em uma área, pois esta exerce influência nas taxas de formação e no grau de maturidade dos solos, principalmente pelo gradiente das vertentes e quantidade de água disponível nos processos de pedogênese e morfogênese.

Para execução do mapeamento pedológico detalhado para área de estudo foi elaborado o mapa na escala 1:50.000. Primeiramente, foi construído um esboço pedológico utilizando as bases pedológica, geológica e geomorfológica mais detalhadas para área e entorno. Da mesma forma, as informações sobre as formas de relevo e sistema de drenagem foram essenciais para o estabelecimento das classes de solo para área de estudo. O mapa geomorfológico de detalhe (DESENHO 988.0.2.1-06) foi utilizado como um dos documentos base para o mapeamento pedológico. Também foram utilizadas imagem de satélite de alta resolução, de abril de 2010, sobre modelo digital de elevação elaborado a partir da base oficial do DSG, na escala 1:50.000; dados altimétricos do sistema ASTER/NASA, com resolução espacial de 30m e perfis topográficos.

De posse do esboço, procedeu-se ao trabalho de campo para conferência das classes de solo mapeadas, com a comprovação por meio de tradagens, verificação de cortes em estradas e

barrancos, áreas abertas pela mineração e trechos expostos pelas drenagens, como em alguns pontos do canal do rio Bezerra e seu afluentes principais.

A verificação das classes de solo obedeceu aos procedimentos descritos no Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007), no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS *et al.*, 2005), Manual de Classificação de Solos no Brasil (PRADO, 1996). A classificação seguiu a orientação expressa no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS *et al.*, 2006). A descrição do solo no campo, com a coleta de amostras, compreendeu o registro das suas características, por meio do exame de seu perfil, caracterizando os horizontes observados.

Tendo em vista as características observadas em campo e obtidas nos materiais cartográficos consultados, foram identificadas cinco classes de solos para área de estudo, classificadas até o 2º nível categórico (Subordem), sendo divididos em Plintossolos Pétricos (FF), Cambissolos Háplicos (CX), Neossolos Litólicos (RL), Neossolos Quartzarênicos (RQ) Latossolos Vermelho (LV), conforme pode ser observado no Mapa Pedológico de Detalhe, apresentado no DESENHO 988.0.2.1-EIA-07. A seguir é feita a caracterização de cada classe de solo mapeada na área de estudo. Ressalta-se que os solos aluvionares, existentes na área tem baixa expressão ocorrendo de forma restrita nas margens de alguns rios, como o Bezerra, classificados, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA como Neossolos Quartzarênicos.

❖ **PLINTOSSOLOS PÉTRICOS (FF)**

Antiga denominação para Laterita Hidromórfica álica, tem como característica básica a presença de plintita no solo. A plintita tem origem no efeito nos sucessivos ciclos de umedecimento e secagem, sofrendo consolidação irreversível, dando lugar à concreções ferruginosas de dimensões e formas variáveis individualizadas ou aglomeradas. A plintita é uma formação constituída por argila, pobre em C orgânico e rica em Fe ou Fe e Al, com quartzo e outros materiais. A formação da plintita envolve a flutuação do lençol freático Na estação seca, o Fe precipita e se cristaliza em mosqueados vermelhos, que, ao se apresentarem fracamente cimentados, caracterizam a plintita. Caso essas camadas do solo, que sofrem excesso de água sazonal, se tornem mais bem drenadas, os minerais de Fe das plintitas tornam-se mais bem cristalizados, e estas secam irreversivelmente, tornando-se endurecidas, sendo denominadas então de petroplintitas. Dessa forma, a tendência é de que leitos concrecionários ocorram por toda a profundidade do solum ou acima de leitos de plintita. Para um caso inverso, a plintita poderia ter se formado em material depositado mais recentemente no topo de um leito concrecionário (SANTOS *et al.*, 2006; GOMES *et al.*, 2007).

Como salientado, esta classe compreende solos imperfeitamente a mal drenados que se caracterizam por apresentar plintita nos horizontes subsuperficiais. São pouco profundos, com sequência de horizonte A, Bpl e Cpl – ocorrendo principalmente B textural e subordinadamente B câmbico e latossólico, com transições de A para B, abruptas a graduais, e de B para C, graduais ou difusas. Geralmente, são moderadamente ácidos (relacionadas ao Grupo Bambuí) com atividade de argila baixa. Muito destes solos são

cascalhentos e/ou pedregosos, apresentam mosqueados devido aos ciclos de reações de oxidoredução, promovidos pela oscilação do lençol freático e com frequência exibem concreções ferruginosas na massa do solo (KREJCI, *et al.*, 1982).

Segundo critérios adotados pela EMBRAPA os Plintossolos Pétricos (FF) apresentam horizonte plíntico ou litoplíntico ou ainda concrecionário, nas seguintes condições:

- 1- iniciando dentro de 40cm da superfície;
- 2- iniciando dentro de 200cm da superfície, quando precedidos de horizonte A, ou E ou de outro horizonte que apresenta cores pálidas, variegadas ou mosqueadas em quantidade abundante.

Em campo foi identificado solo característico, plotado no mapa pedológico como perfil 05. Nesta área foi realizada limpeza de num corte no terreno com aproximadamente 3m e complementada a descrição por meio tradagem que atingiu mais 1m, totalizando 4m (FOTOS 4.2.5.9 e 4.2.5.10).

O perfil é composto por 6 (seis) horizontes característicos de um Plintossolo Pétrico. O primeiro horizonte apresenta cerca de 120cm com presença maciça de fragmentos de rocha com até 25cm, destacando-se quartzitos, quartzo e sílex, cimentado numa matriz ferruginosa plintítica (FOTO 4.2.5.11). Entre 120 a 160cm o horizonte é composto por argila variegada amarela com presença incipiente de caulim e entre 160 a 190cm aparece uma transição com aumento significativo do caulim. Entre 190 a 270cm o solo torna-se mais amarelado perdendo muito de sua matriz vermelha e é tomado por partes caulizadas, e entre 270 a 310cm aparece um solo claro caulizado tendendo a cinza e na parte terminal tradada (310 a 400cm) o solo torna-se cinza claro totalmente caulizado (FOTOS 4.2.5.12 e 4.2.5.13).

❖ CAMBISSOLOS HÁPLICOS (CX)

Os Cambissolos são geralmente pouco desenvolvidos com horizonte B incipiente, com pedogênese pouco avançada evidenciada pelo desenvolvimento da estrutura do solo, alteração do material de origem expressa pela quase ausência da estrutura da rocha ou da estratificação dos sedimentos, cromas mais altos, matizes mais vermelhos ou conteúdo de argila mais elevado que os horizontes subjacentes.

Na área foi realizada tradagem e verificada a existência de um solo com características carbonáticas. Os Cambissolos Haplicos carbonáticos tem caráter carbonático ou com horizonte cálcio e um ou mais horizontes dentro de 120cm da superfície do solo.

O local na qual foi realizada a tradagem é um terreno com muitos fragmentos de rocha (quartzitos e sílex) em superfície e notou-se também a grande remobilização por meio de preparo da terra para cultivo de subsistência de milho (FOTOS 4.2.5.15 e 4.2.5.16). A área é relativamente plana e encontra-se próxima a um morro testemunho de calcário.

Não há presença de horizonte O, pois este foi decapitado por mecanização. Os primeiros 30cm ocorre solo vermelho argiloso e nos próximos 80cm há um vazio que pode ser

vinculado aos terrenos calcários do Bambuí ou, menos provável, alguma bioturbação (túnel de tatu). Dos 100 a 125cm o solo torna-se mais argiloso com presença de fragmentos de rocha, compostas por sílexitos, sendo que estes também afloram disseminados na superfície do terreno (FOTOS 4.2.5.17 e 4.2.5.18). Abaixo dos 150cm não foi possível o avanço por meio da tradagem pois, os fragmentos de rocha aumentam em número e tamanho ocorrendo sílexito e calcários.

❖ **NEOSSOLOS**

Os Neossolos geralmente são pouco evoluídos constituído por material mineral ou por material orgânico com menos de 20cm de espessura, não apresentado qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Apresentam frequentemente horizonte A ou hístico, ausentes diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou CR ou sobre material com 90% (volume) ou mais de uma massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetros maior de 2mm (cascalhos calhaus e até matacões) que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo.

Os solos deste tipo estão em via de formação, seja pela reduzida ação da pedogênese ou por característica do material originário. Apresenta uma tênue (de muito difícil diferenciação) entre os horizontes A seguido de C ou R, com características herdadas do material originário.

Em campo foram reconhecidas duas subclasses deste tipo de solo, Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico, descritas a seguir:

Neossolo Litólico (RL)

Em campo foi identificado solo característico, plotado no mapa pedológico como perfil 03. Nesta área foi realizada limpeza de num corte no terreno com aproximadamente 1,5m e complementada a descrição por meio tradagem que atingiu mais 1,5m, totalizando 3m (FOTO 4.2.5.6).

O solo foi classificado como sendo Neossolo Litólico e a descrição do perfil indicou que nos primeiros 50cm aparece o horizonte orgânico, com presença de fauna (cupins e formigas) com indícios de bioturbação e pequenos fragmentos de rocha. Abaixo, do horizonte orgânico até os 120cm aparecem argilas amarelo-vermelha com presença de alguns nódulos de sílex alterado. Ente 120-170cm ocorre um linha de pedra característica, com blocos de sílexito cimentados em uma matriz sílica e entre 170 a 300cm ocorre uma argila mosqueada com nódulos de ferro, com presença de pouca areia (FOTO 4.2.5.7). Nota-se que acima da área existem morros formados por sílexito, sendo caracterizado como a área fonte para os clastos presentes no perfil (FOTO 4.2.5.8).

Neossolo Quartzarênico (RQ)

São caracterizados por solos sem contato lítico dentro de 50cm de profundidade, apresentando textura areia em todos os horizontes. São essencialmente quatzosos com presença de fragmentos de cascalhos e calhaus.

Em campo foi descrito um perfil típico de uma aluvião, enquadrada pela nova classificação do sistema brasileiro como Neossolo Quartzarênico. Sua origem é vinculada a deposição fluvial, sem controle da pedogênese da rocha subjacente.

Este tipo de solo é resultante de deposições fluviais recentes, apresentando, quase sempre, horizonte A diferenciado sobre camadas estratigráficas, as quais não guardam nenhuma relação pedogenética entre si.

Trata-se de um depósito aluvionar em uma drenagem intermitente, próximo à sua foz com o rio Bezerra. Este curso d'água apresenta características pouco meândricas, mas com grandes depósitos de areia intercalados por cascalhos e calhaus, denotando grande energia da corrente fluvial, característica de torrentes em época de chuva. O depósito aluvionar possui cerca de 3m, com cascalhos e calhaus na base e areia disseminada em todo perfil e cascalhos de menor porte no topo do perfil, evidenciando a última cheia do rio (FOTOS 4.2.5.3 a 4.2.5.5).

Ao longo do perfil foram identificadas camadas que foram identificadas pelas diferentes granulometrias. Nos primeiros 40cm ocorrem cascalhos e areias médias a grossas, entre 40 e 210cm ocorre sedimentos arenosos médios à grossos e por fim dos 210 a 300cm há ocorrência de cascalhos e calhaus que atingem dimensões superiores a 40cm. São formados por fragmentos de rocha trabalhados pelo transporte fluvial e depositados na base do pacote e logo abaixo ocorre o embasamento do granito-gnaiss da Suíte Aurumina. Ao longo de todo o perfil ocorreu um processo de cimentação que formou uma carapaça em uma matriz de sílica.

❖ LATOSSOLO VERMELHO (LV)

Os Latossolos são solos muito evoluídos com processo expressivo de latolização, resultante de intemperização intensa dos constituintes minerais primários e mesmo secundários menos resistentes e, concentração relativa de argilominerais resistentes e, ou, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com inexpressiva mobilização ou migração de argila.

Na área ocorrem o Latossolo Vermelho textura argilosa + Latossolo Vermelho-Amarelo textura média e argilosa, ambos álicos e distróficos A moderado relevo plano e suave ondulado (Cambissolo álico e distrófico Tb epiconcrecionário e não concrecionário A moderado relevo suave ondulado e ondulado + solos hidromórficos gleizados álicos indiscriminados + latossolos Vermelho álico concrecionário A moderado textura argilosa, ambos relevo plano) (KREJCI *et. al.*, 1982).

Na área mapeada foram reconhecidos por meio de tradagem e cortes na estrada um local com ocorrência de Latossolo Vermelho, provavelmente vinculado aos carbonatos do Grupo Bambuí.

O primeiro ponto foi identificado como perfil 01 com cerca de 150cm e é caracterizado pela presença de um horizonte orgânico incipiente com 30cm. Entre 30 e 150cm ocorre solo vermelho escuro, com matriz argilosa e fragmentos de rocha de calcária disseminada. Abaixo dos 150cm ocorrem fragmentos de rocha calcária (FOTOS 4.2.5.1 e 4.2.5.2).



FOTO 4.2.5.1 – Vista do Perfil denominado 01 característico de áreas cársticas. Trata-se de um Latossolo Vermelho textura argilosa, com presença de afloramentos calcários em todo o perfil e presença de raízes. Apresenta horizonte O incipiente. Notar na parte inferior da foto a presença de rocha calcária.

FOTO 4.2.5.2 – Verificação no perfil 01 da matiz e croma por meio da tabela de *Munsell* com resultado 2,5YR 3/4. Este perfil de solo apresenta cerca de 1,5m, sendo constituído por matriz argilosa com grande presença de raízes que se encontram com o calcário fragmentado e blocos de rochas métricas. O horizonte orgânico apresenta no máximo 30cm.



FOTO 4.2.5.3 – Perfil 2 em margem de solapamento, formado por solo aluvionar em afluente do rio Bezerra. Observar a posição do material em relação ao perfil na qual se concentram na base cascalhos e calhaus e os sedimentos arenosos em toda extensão acima destas, com pequena linha de cascalhos depositados no topo do perfil.



FOTO 4.2.5.4 – Detalhe no perfil 2 das camadas mais subjacentes onde se formou uma carapaça silixificada cimentando a areia em toda sua extensão.



FOTO 4.2.5.5 – Vista da base do perfil 2 onde é possível notar a presença de cascalhos e calhaus em toda extensão com mesma cimentação de sílica vista na foto anterior.



FOTO 4.2.5.6 – Perfil 3 caracterizado como neossolo lítico. Observar corte realizado no terreno para acúmulo de água, facilitando a descrição e análise do perfil.



FOTO 4.2.5.7 - Detalhe do perfil 03 com presença de fragmentos de rocha (silexito) caracterizando o perfil neossolo lítico.



FOTO 4.2.5.8 – Afloramento de silex no topo do relevo residual denominado de Serra dos Gerais. Esta área caracteriza-se como fonte dos clastos observados abaixo no perfil e também foi mapeada como pertencente a subclasse de neossolo litólico.



FOTO 4.2.5.9 – Vista do Perfil denominado 05 caracterizado como Plintossolo Pétrico. Observar os horizontes característicos, com presença horizonte com presença de cascalhos e calhaus de quartzitos cimentados. Nos horizontes inferiores a uma gradação de um solo vermelho-amarelo para amarelo claro e cinza, com presença de processo de caulinição, principalmente na região do contato solo-rocha, onde ocorre a pedogênese mais extrema.

FOTO 4.2.5.10 – Tradagem realizada no perfil 05 para alcançar as camadas subjacentes do perfil pedológico.



FOTO 4.2.5.11 – Contato abrupto entre os horizontes superficiais. Observar os clastos de quartzitos em sua maioria, cimentados em uma matriz silicosa, abaixo solo vermelho-amarelo variegado.



FOTO 4.2.5.12 – Detalhe no horizonte inferior da intensificação do processo de caulinação aumentando gradativamente do topo para base.



FOTO 4.2.5.13 – Produto da tradagem no perfil 05 com cerca de 4m de profundidade. Notar a presença de um solo argilo-arenoso cinza com presença de caulim.



FOTO 4.2.5.14 – Coleta de amostras em campo dos horizontes mapeados para posteriores análises e verificação de dúvidas levantadas quanto a origem e tipo de solo.



FOTO 4.2.5.15 – Chão pedregoso no perfil 04. Observar os fragmentos rochosos de varias dimensões, com predominância de silexito e alguns cascalhos de calcário.



FOTO 4.2.5.16 – Pequena elevação colinosa, com vertente suave sustentada por fragmentos de rocha de silexito. Esta elevação encontra-se a cerca de 4m do local tradado no ponto 04.



FOTO 4.2.5.17 – Realização de tradagem no ponto 04. Este solo foi caracterizado como sendo Cambissolo Háplico Carbonático. Observar ao fundo e à direita a presença de pequeno morro calcário ruíniforme, típico desta área dominada pela geologia do Grupo Bambuí.



FOTO 4.2.5.18 – Análise e verificação em campo do solo tradado na área do perfil 04. Este solo possui matriz argilosa com presença de cascalhos em toda sua extensão. Observar coloração vermelho-amarelada.

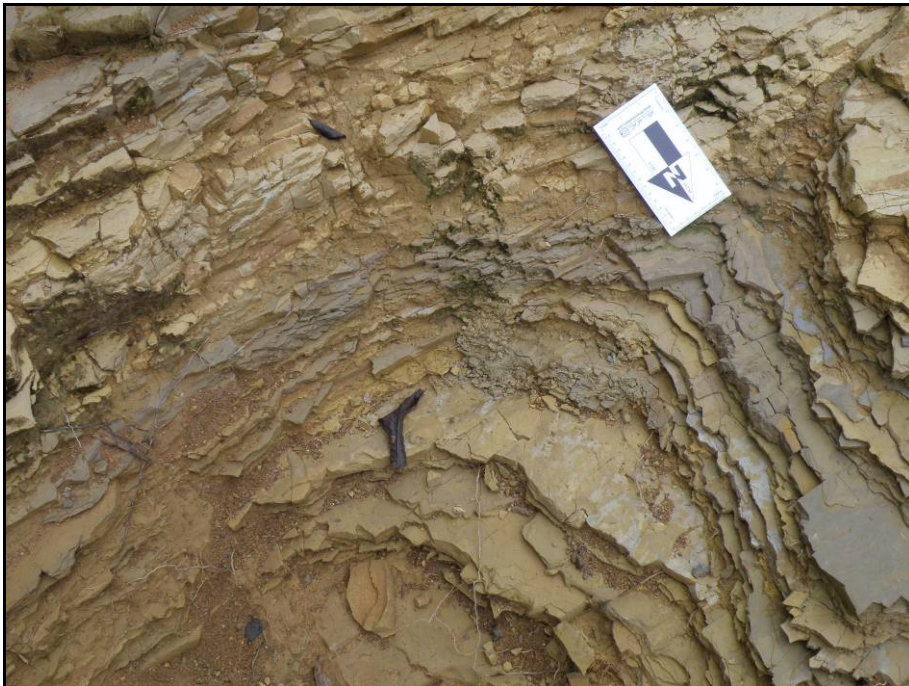


FOTO 4.2.5.19 – Afloramento de siltito na base do Pediplano do Tocantins, em áreas com domínio do Grupo Bambuí.



FOTO 4.2.5.20 – Grande aluvião formado por bancos de areia ao longo do rio Bezerra.



FOTO 4.2.5.21 – Detalhe da foto anterior na qual é possível observar a granulometria fina da areia, denotando a grande capacidade, porém baixa competência neste trecho do canal. Estes bancos de areia são muito comuns e dinâmicos, pois a cada cheia o rio, por sua força hidráulica, ele remobiliza e transporta grande quantidade de sedimentos, alterando sempre a localização e granulometria.



FOTO 4.2.5.22 – Outro trecho ao longo do rio Bezerra onde aparecem cascalhos (seixos rolados) evidenciando a maior competência do rio neste trecho.

4.2.6. Climatologia e condições meteorológicas

De acordo com a classificação climática adotada por Nimer (1989), na Região Centro-Oeste² ocorrem apenas duas categorias climáticas: Clima Quente e Clima Subquente, estando o Estado de Tocantins sob o domínio do primeiro. Esse autor destaca que, em termos de diversificação climática, a Região Centro-Oeste só é superada pela Região Sudeste do Brasil. Na Região Centro-Oeste, os fatores geográficos (relevo e latitude) são responsáveis pela diversificação térmica, já o mecanismo atmosférico responde pela uniformidade regional climática.

O clima regional é caracterizado por apresentar um máximo pluviométrico no verão e um mínimo no inverno, separados por períodos (primavera-outono) que traduzem uma situação de transição entre a estação úmida e a seca, com baixa variação da temperatura. Este quadro é reflexo direto dos sistemas atmosféricos atuantes na região (PEREIRA e FREITAS, 1982).

Durante todo o ano sopram no setor oriental da região ventos de NE a E do *anticiclone subtropical semifixo* do Atlântico Sul, e ventos variáveis, ambos responsáveis pelo tempo estável, conforme apresentado na FIGURA 4.2.6.1. Esta estabilidade, com tempo ensolarado, sofrem buscas alterações com a chegada de diferentes sistemas de circulação (correntes perturbadas), os quais se destacam:

² Na época da publicação de Climatologia do Brasil (1989), o Estado de Tocantins não existia e sua área atual pertencia ao Estado de Goiás, portanto pertencente à época a Região Centro-Oeste.

- Sistema de *correntes perturbada de oeste* – das *linhas de instabilidade tropicais (IT)*
- Sistema de *correntes perturbada de norte* – da *convergência intertropical (CIT)*
- Sistema de *correntes perturbada de sul* – do *anticiclone polar e frente polar (FP)*

Entre o final da primavera e o início do outono é constantemente invadida por ventos de oeste e noroeste trazidos pelas ITs, anunciando a chegada de chuvas tropicais. As CITs chegam no verão, predominam no outono e se estendem até o inverno em Tocantins e na primavera já estão ao norte do Equador. Já, a entrada do anticiclone polar na Região Centro-Oeste possui comportamento bastante distinto no inverno e no verão. Durante o verão as chuvas ficam praticamente ausentes. No inverno, o anticiclone polar invade a Região Centro-Oeste com maior frequência, ocasionando chuvas frontais, durante 1 a 3 dias. Após a passagem da frente polar, a região fica sob a ação do anticiclone polar e é sucedida por céu limpo, tempo bom e seco e temperatura amena por 2 dias. Assim, na porção setentrional da Região Centro-Oeste, não são as chuvas de norte das CITs que determinam o regime térmico e pluviométrico, mas sim a circulação estável do anticiclone do Atlântico Sul e as correntes perturbadas de oeste (NIMER, 1989).

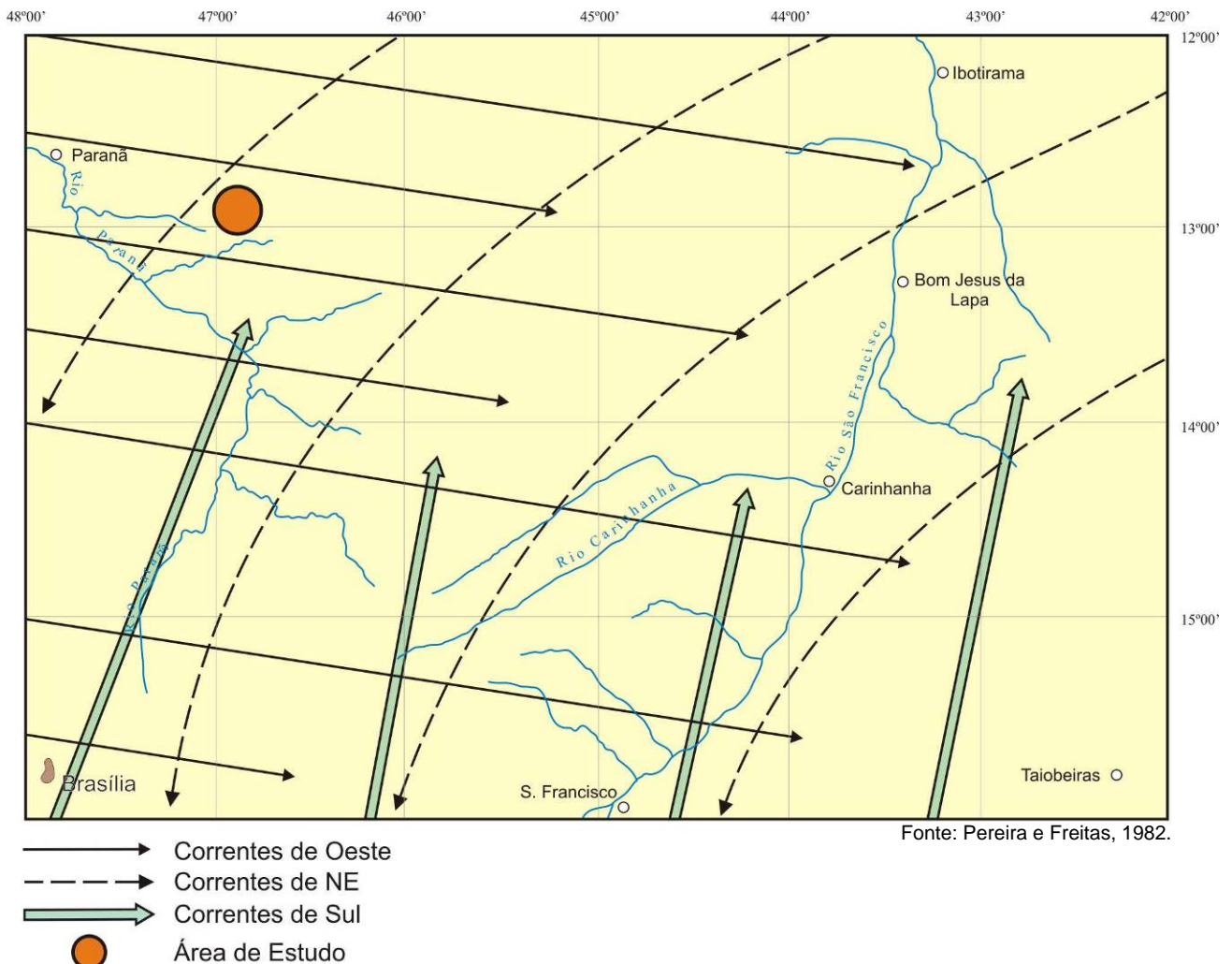


FIGURA 4.2.6.1 – Principais Sistemas de Circulação Atmosférica para região no enquadramento da folha ao milionésimo Brasília.

A posição latitudinal em que se encontra a área de estudo assegura temperaturas elevadas durante todo o ano apresentando baixa amplitude devido a relativa proximidade com a linha do equador e a forte radiação solar é provocada pela dupla passagem do sol sobre as latitudes locais, o que assegura temperaturas altas o ano todo com raras ocorrências abaixo de 20°C (PEREIRA e FREITAS, 1982).

De acordo com Nimer (1989), Região Centro-Oeste apresenta uma boa variação de temperatura, seja em função da continentalidade (média anual de 26°C na porção norte e 22°C na porção sul), seja em função do relevo (média anual entre 22°C a 20°C nas chapadas e superfícies cristalinas e abaixo de 20 °C acima de 1.200 m). Na primavera e verão as temperaturas são constantemente elevadas, variando entre 32°C e 36°C na porção norte da Região Centro-Oeste, atingindo valores superiores a 40 °C em Tocantins. No inverno, a Região Centro-Oeste a temperatura média não é inferior a 20°C e, em Tocantins, é superior a 24°C. Esta queda na temperatura está associada a ação do anticiclone polar, que sucede a passagem de frentes frias, ocasionando as chamadas *friagens*, efeito não muito comum na Região. A observação das normais até o ano de 1942 indica que Tocantins não registrou temperaturas mínimas diárias inferiores a 8°C; as médias das mínimas são superiores a 18°C. As baixas temperaturas são registradas sobretudo nos meses de junho e julho. Na FIGURA 4.2.6.2. é apresentada a temperatura média anual.

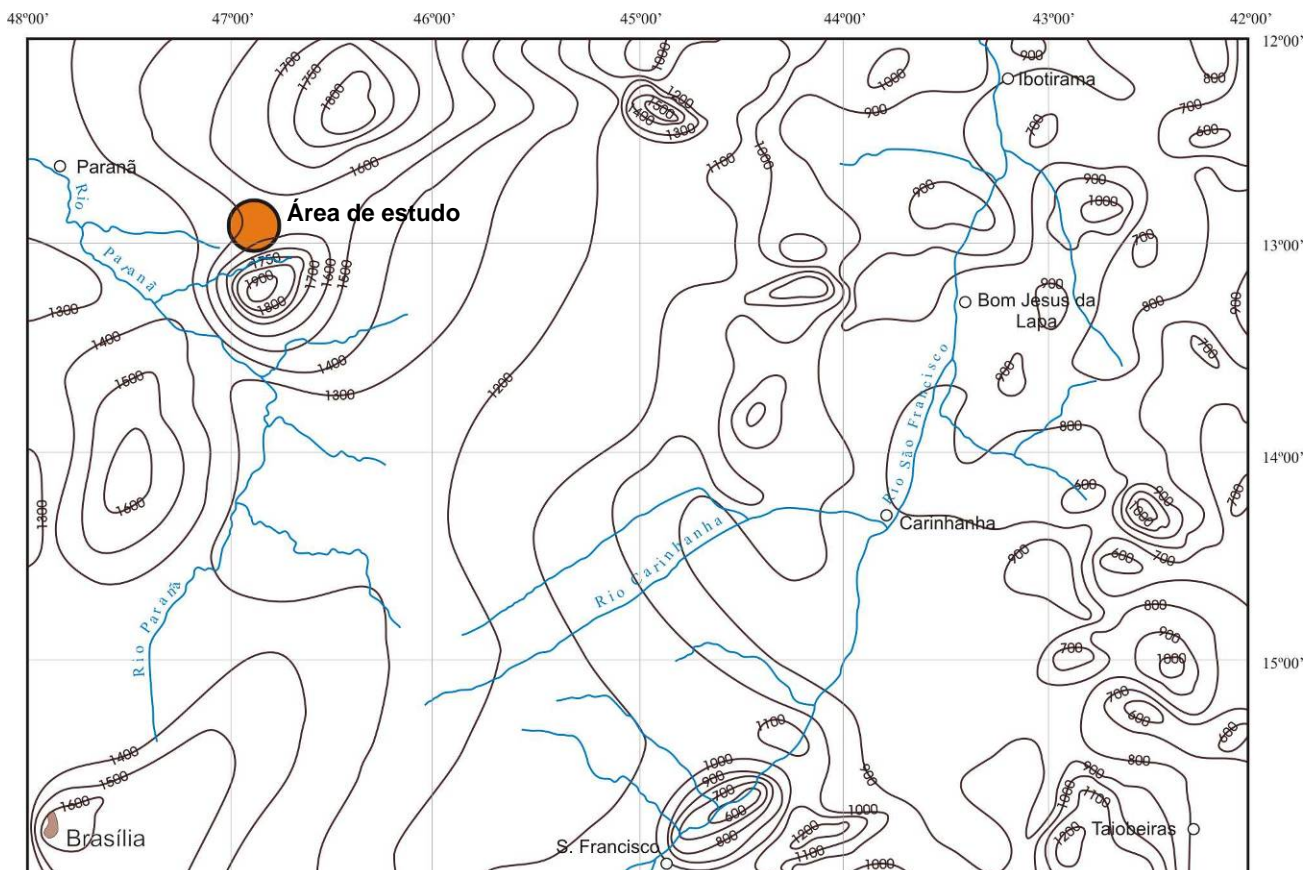


FIGURA 4.2.6.2 – Temperatura média anual para região no enquadramento da folha Brasília (1:1.000.000).

O tempo seco e quente, característico para região, se deve muito pela ausência de ventos oceânicos que faz com que seja acentuado os efeitos da continentalidade durante o período

seco, aumentando a secura do ar em razão do baixo percentual de umidade relativa, que torna mais agravante nos meses de julho a setembro, período em que os índices pluviométricos tendem a zero, sobretudo no Planalto Central (PEREIRA e FREITAS, 1982).

Para região estudada a primavera caracteriza-se como a época do ano em que são registrados os mais fortes aquecimentos relacionado-se com a incidência ortogonal dos raios solares sobre a área, que associado a ausência de chuvas acentua o caráter megatérmico para o período. No entanto durante o solstício de verão e equinócio de outono, a intensa precipitação ameniza a temperatura provocando ligeiro declínio das médias mensais das temperaturas. Já no inverno há ligeira diminuição da temperatura, porém sem alterações bruscas, mantendo-se médias altas e raras temperaturas com valores médios inferiores a 20°C no inverno (PEREIRA e FREITAS, 1982).

Com relação à pluviometria, as características da altura e o regime de chuvas na Região Centro-Oeste devem-se quase que exclusivamente aos sistemas de circulação atmosférica, sendo a influência da topografia um fator quase nulo, salvo em casos pontuais. De acordo com Nimer (1989), as precipitações diminuem de oeste para leste e sul, de 2.750 mm a 1.500 mm e esta distribuição das chuvas deve-se ao sistema de circulação perturbada de oeste. A distribuição das chuvas é irregular, tipicamente tropical, com concentração das chuvas entre novembro e março, sendo excessivamente seco no inverno, podendo não se registrar sequer um dia de chuva no mês, pois são raríssimas as passagens das correntes perturbadas de oeste. Os totais mensais de precipitação no inverno são pouco significativos. A porção leste de Tocantins apresenta até 6 meses secos.

A distribuição pluviométrica apresenta característica principal da concentração das chuvas em um período de 6 (seis) meses com regime torrencial, em média com forte estiagem o resto do ano, o que pode ser explicado pela estreita relação entre a distribuição temporal das precipitações e circulação atmosférica para área. Na FIGURA 4.2.6.3. é possível observar a distribuição da pluviométrica anual para região.

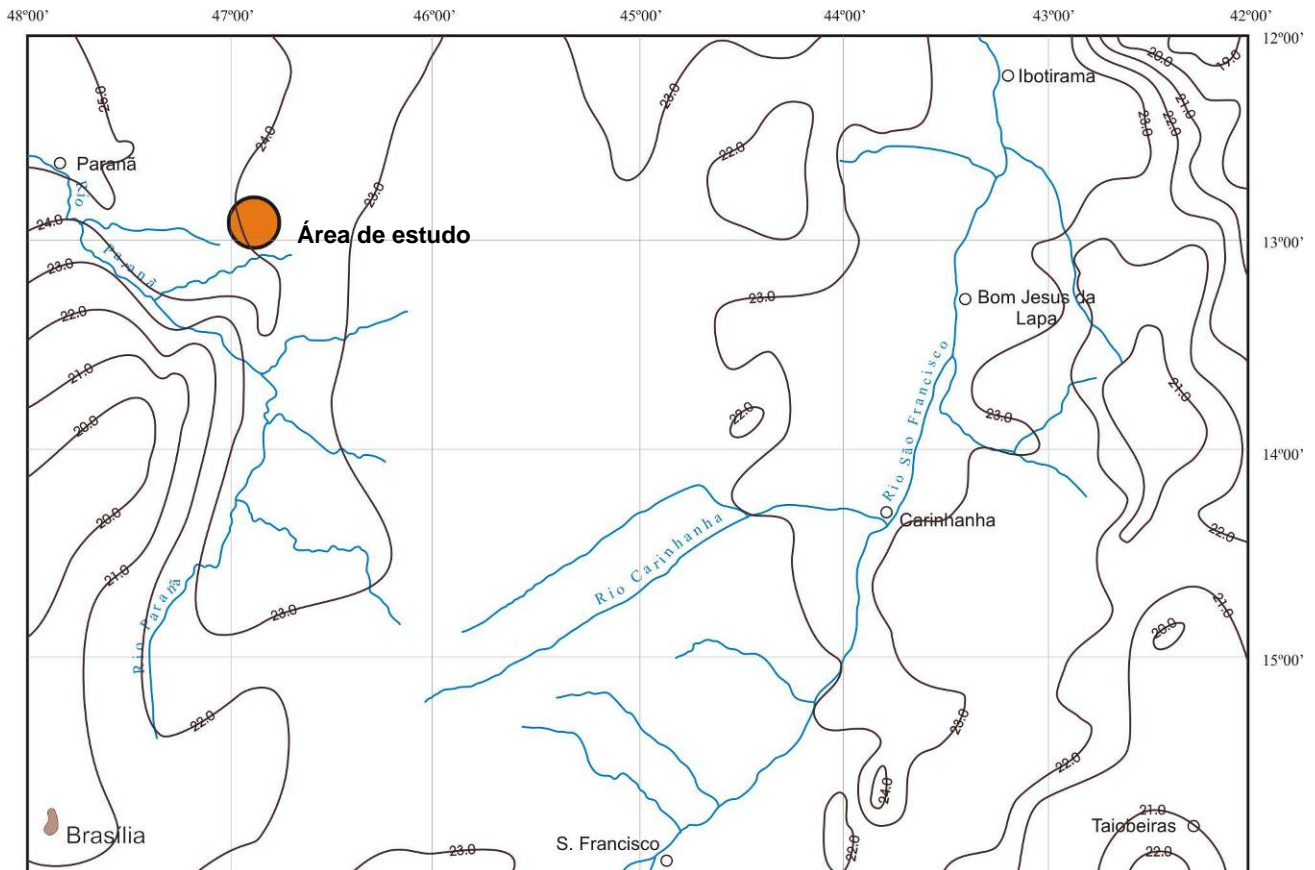


FIGURA 4.2.6.3 – Pluviometria Média Anual para região no enquadramento da folha Brasília (1:1.000.000).

Em geral o verão é caracterizado pelo período em que ocorrem os maiores índices de chuva, muito em decorrência das incursões das linhas de instabilidade tropical, principalmente no extremo leste da FIGURA 4.2.6.4., onde se encontra a área de estudo e a instabilidade é mais acentuada. Já o outono assinala o fim do período de chuvas e transição para entrada dos meses mais secos que ocorrem no inverno. Neste período a região é dominada pelos ventos secos de NE, com os índices de precipitação muito baixos, tendendo a zero nos meses de julho e agosto. Já o mês de outubro marca a entrada da primavera e a volta gradual do período chuvoso, que alcança seu ápice no verão, principalmente nos meses de dezembro e janeiro.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) classificaram a área climatologicamente como pertencendo ao Clima tropical úmido-seco ou tropical Brasil Central com 6 meses de seca. Sua principal característica é a de apresentar uma redução dos totais pluviométricos durante a estação de inverno prolongada principalmente entre maio e setembro. As médias térmicas evidenciam dois períodos distintos: primavera e verão quentes e inverno seco com pequena queda da temperatura, caracterizando uma pequena variação térmica anual.

De acordo com a regionalização climática do Estado de Tocantins (SEPLAN, 2008), o município de Arraias encontra-se em área de ocorrência do *clima subúmido seco* - C1dA'a' e *clima úmido subúmido* - C2wA'a'.

De acordo com a Seplan (2008), o - C1dA'a' é um tipo de clima “com moderada deficiência hídrica no inverno, com evapotranspiração potencial média anual de 1.300 mm,

distribuindo-se no verão em torno de 360 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada”, Este tipo climático domina toda a porção leste do município.

O $C2wA'a'$ caracteriza-se por apresentar “moderada deficiência hídrica no inverno, evatranspiração potencial média anual é de 1.500 mm, distribuindo-se no verão em torno de 420 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada”. Este tipo de clima domina a porção oeste e sul, na qual se encontra a área do empreendimento, do município.

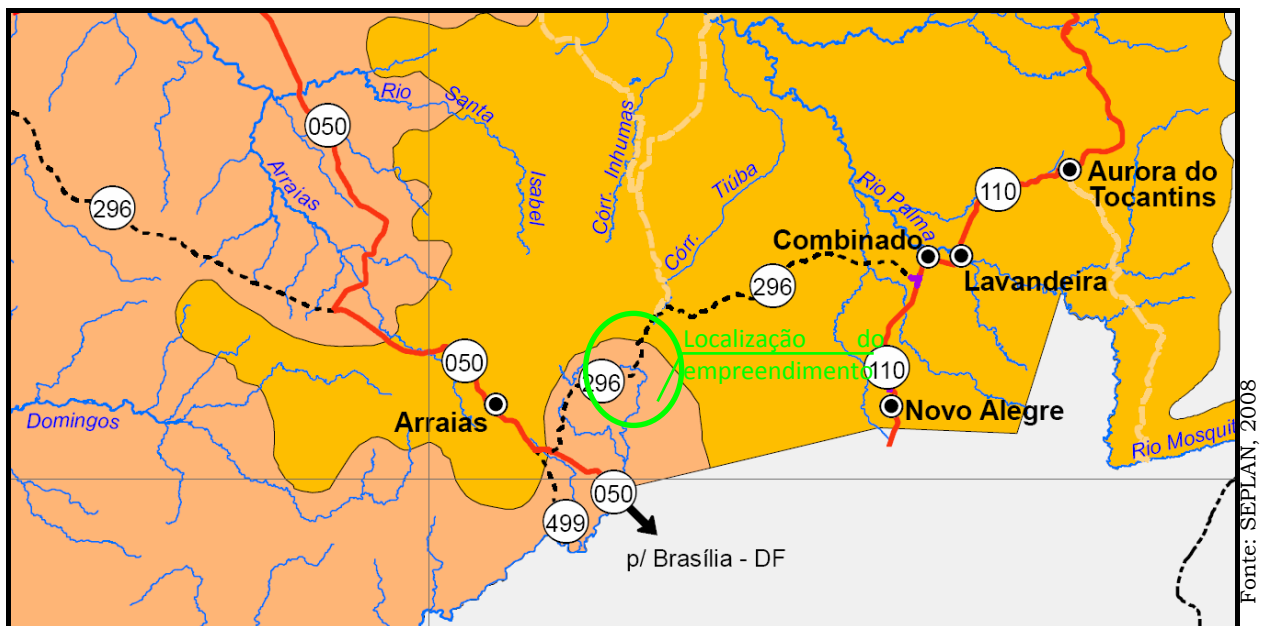


FIGURA 4.2.6.4 – Extrato do Mapa de Regionalização Climática do Estado de Tocantins.

A precipitação média anual em Arraias varia entre 1.300 e 1.500 mm, sendo que na porção leste são registrados índices pouco mais elevados de precipitação que a porção oeste do município. A temperatura média anual oscila entre 26°C e 27°C.

✓ **Clima Local e balanço hídrico**

A região abrangida pelo PROJETO ARRAIAS caracteriza-se por apresentar altas temperaturas com pequena variação durante o ano. A pluviometria segue a distribuição dos verões chuvosos com características de apresentar chuvas torrenciais, com totais diários podendo atingir valores superiores à 90mm. Nos meses inverno é característica a ausência de chuvas, principalmente nos meses de junho a agosto.

Para uma melhor caracterização dos elementos do clima, foi utilizado dados das estações mais próximas da área de estudo, com destaque para Estação Convencional de Taguatinga e à Estação Automática de Paranã, do INMET, Estação de Monte Alegre de Goiás (Radam Brasil, 1982) e Estação de Campos Belos.

Dados obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, referentes à Estação Convencional de Taguatinga e à Estação Automática de Paranã, referente ao ano de 2009,

corroboram e reforçam as características anteriormente descritas, embora se refiram a um curto período de tempo, da região.

A Estação Taguatinga, aberta em 22 de dezembro de 1915, está localizada nas coordenadas geográficas 12°24'S e 46°25'W, a 603 m de altitude e dista aproximadamente 70 km a nordeste da área de estudo. No QUADRO 4.2.7.4 são apresentados os dados de Temperatura, Umidade, Pressão, Vento e Chuva obtidos no INMET, relativos ao ano de 2009, para a Estação Convencional de Taguatinga. A temperatura média anual foi de 27°C; a mínima das mínimas foi de 19°C e a máxima das mínimas registrada foi de 24 °C; a mínima das máximas foi de 29°C e a máxima das máximas foi de 38°C. A umidade relativa média anual do ar foi de 64%, mas a mínima chegou a 19%, bem abaixo dos 30% recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), sendo os menores valores observados entre os meses de julho e outubro. A pressão atmosférica média anual foi de 943 hPA. Com relação aos ventos, foram verificados os fracos a moderados, com velocidade máxima de 5 m/s (18 km/h), predominantemente provenientes de nordeste. Com relação às chuvas totais, os dados apresentados indicaram registros mais elevados nos meses de abril e maio do que em fevereiro e março. Também houve maior registro de chuvas em outubro do que em novembro e dezembro. No ano de 2009, a exceção dos meses de julho a setembro para os quais não houve registros de chuvas, a precipitação total foi de 1.708 mm, com maior índice de chuvas em abril – 349 mm. Os dados de chuvas totais e temperatura média da Estação de Taguatinga em 2009 estão ilustrados na FIGURA 4.2.6.5.

QUADRO 4.2.6.1
ESTAÇÃO TAGUATINGA - DADOS METEOROLÓGICOS - 2009

Meses	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Pressão (hPa*)	Vento		Chuva total (mm)	
				Velocidade (m/s)	Direção (°)		
JAN	mínima	19	30	939	0	0	286
	máxima	34	99	947	3	36	
	média	26	73	943	0	5	
FEV	mínima	22	44	940	0	0	111
	máxima	33	98	946	5	32	
	média	27	72	943	0	4	
MAR	mínima	20	38	939	0	0	96
	máxima	34	98	947	2	32	
	média	27	73	943	0	2	
ABR	mínima	21	45	940	0	0	349
	máxima	32	98	948	3	32	
	média	26	78	944	0	3	
MAI	mínima	20	-	-	0	0	190
	máxima	32	99	949	3	32	
	média	26	67	934	0	2	
JUN	mínima	22	33	942	0	0	35
	máxima	32	92	951	4	27	
	média	26	58	946	1	3	
JUL	mínima	22	25	944	0	0	-
	máxima	33	65	951	3	32	
	média	26	48	947	1	4	
AGO	mínima	24	23	940	0	0	-
	máxima	36	63	950	5	36	
	média	27	44	946	1	6	
SET	mínima	22	19	941	0	0	-
	máxima	38	92	950	5	32	
	média	30	45	944	1	4	
OUT	mínima	21	24	938	0	0	272
	máxima	36	99	949	4	32	
	média	27	70	943	0	4	
NOV	mínima	21	35	0	0	0	179
	máxima	34	98	946	2	36	
	média	28	67	942	0	4	
DEZ	mínima	21	49	939	0	0	189
	máxima	29	98	949	2	36	
	média	25	79	944	0	2	

Fonte: INMET, 2010. Onde: hPA – hecto Pascal

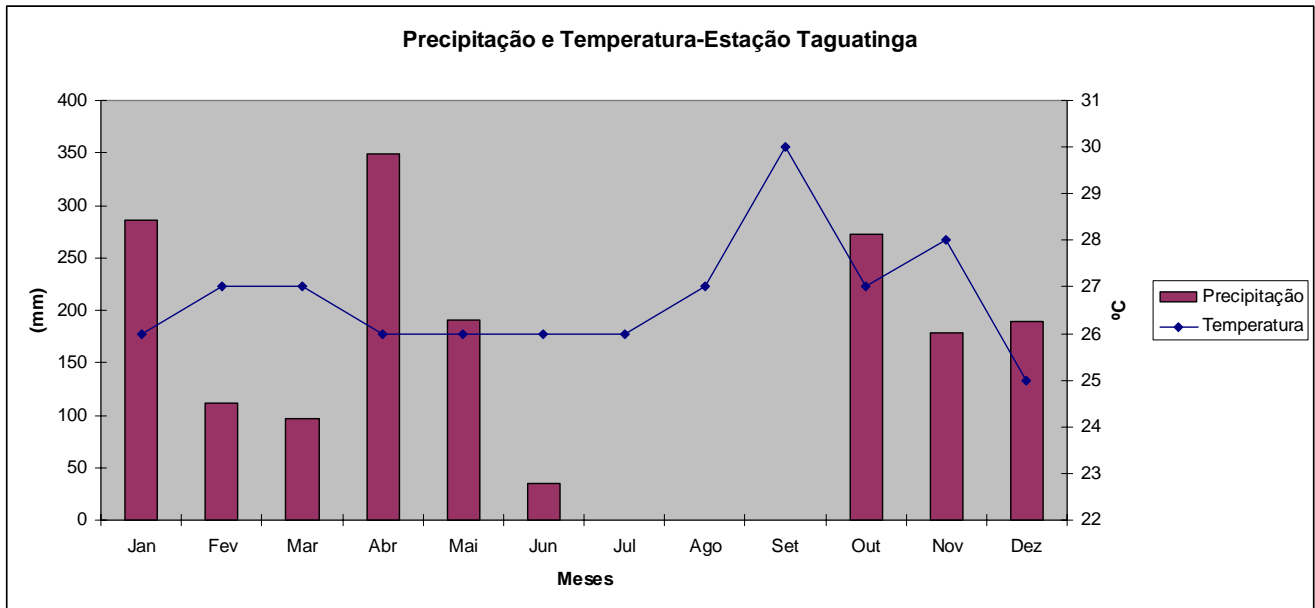


FIGURA 4.2.6.5 – Gráfico das chuvas totais em 2009 na Estação de Taguatinga.

A Estação Paranã, aberta em 28 de fevereiro de 2005, está localizada nas coordenadas geográficas 12°37' S e 47°59' W, a 275 m de altitude, distante cerca de 140 km a noroeste da área de estudo. No QUADRO 4.2.6.2 são apresentados os dados de Temperatura, Umidade, Pressão, Vento e Chuva obtidos no INMET, relativos ao ano de 2009, para a Estação Automática de Paranã. A temperatura média anual foi de 26°C; a mínima das mínimas foi de 12°C e a máxima das mínimas registrada foi de 38°C; a mínima das máximas foi de 13°C e a máxima das máximas foi de 40°C. A umidade relativa média anual do ar foi de 72%, mas a mínima chegou a 13%, índice muito abaixo dos 30% recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), sendo os menores valores observados entre os meses de junho a outubro. A pressão atmosférica média anual foi de 980 hPA. Foram verificados ventos calmos, com velocidade máxima de 1,3 m/s (5 km/h), predominantemente provenientes de sudeste. Com relação às chuvas totais, os dados apresentados indicaram registros mais elevados nos meses de janeiro, outubro e novembro, com valores pouco acima dos 220 mm mensais. Entre os meses de março a agosto foram observados os baixíssimos de chuvas, sendo que nos meses de maio e agosto o índice foi zero. A precipitação total em 2009 na Estação Paranã foi de apenas 809 mm. Os dados de chuvas totais e temperatura da Estação de Paranã em 2009 estão ilustrados na FIGURA 4.2.6.5.

QUADRO 4.2.6.2
ESTAÇÃO PARANÃ – DADOS METEOROLÓGICOS - 2009

Meses	Máxima/ Mínima/ Média	Temperatura (°C)		Umidade (%)		Pressão (hPa)		Vento (m/s)		Chuva (mm) Total
		Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Vel	Dir	
JAN	mínima	21	20	40	33	974	973	0	2	222
	máxima	36	35	94	94	983	983	9	360	
	média	27	26	79	73	979	979	1	171	
FEV	mínima	21	20	47	39	974	973	0	1	166
	máxima	35	33	95	95	983	983	7	360	
	média	27	25	81	75	979	978	1	177	
MAR	mínima	20	20	39	34	974	973	0	1	1
	máxima	36	34	95	95	983	983	9	360	
	média	27	26	81	74	978	978	1	191	
ABR	mínima	21	21	45	37	975	975	0	2	2
	máxima	34	32	95	95	984	984	7	360	
	média	26	25	83	77	980	979	1	157	
MAI	mínima	16	15	38	34	977	977	0	2	0
	máxima	33	32	95	95	985	985	5	360	
	média	25	24	80	75	981	981	1	136	
JUN	mínima	16	15	27	24	978	978	0	0	2
	máxima	35	33	95	95	986	986	5	360	
	média	25	24	75	68	982	982	1	119	
JUL	mínima	13	12	18	15	978	977	0	2	2
	máxima	36	35	95	94	987	987	6	360	
	média	25	23	68	61	982	982	1	109	
AGO	mínima	15	14	18	16	975	975	0	1	0
	máxima	39	37	93	91	986	986	7	355	
	média	27	25	59	51	981	981	2	116	
SET	mínima	20	18	15	13	975	975	0	1	55
	máxima	40	38	94	94	986	985	8	359	
	média	29	28	60	52	980	979	2	151	
OUT	mínima	21	21	25	23	974	973	0	1	226
	máxima	38	37	95	95	983	983	7	360	
	média	27	26	76	69	978	978	2	186	
NOV	mínima	21	20	36	31	973	973	0	1	223
	máxima	36	35	96	96	983	983	9	359	
	média	27	26	79	72	978	977	1	161	
DEZ	mínima	20	20	40	33	974	974	0	1	132
	máxima	36	34	96	95	985	985	8	360	
	média	26	25	80	74	979	979	1	171	

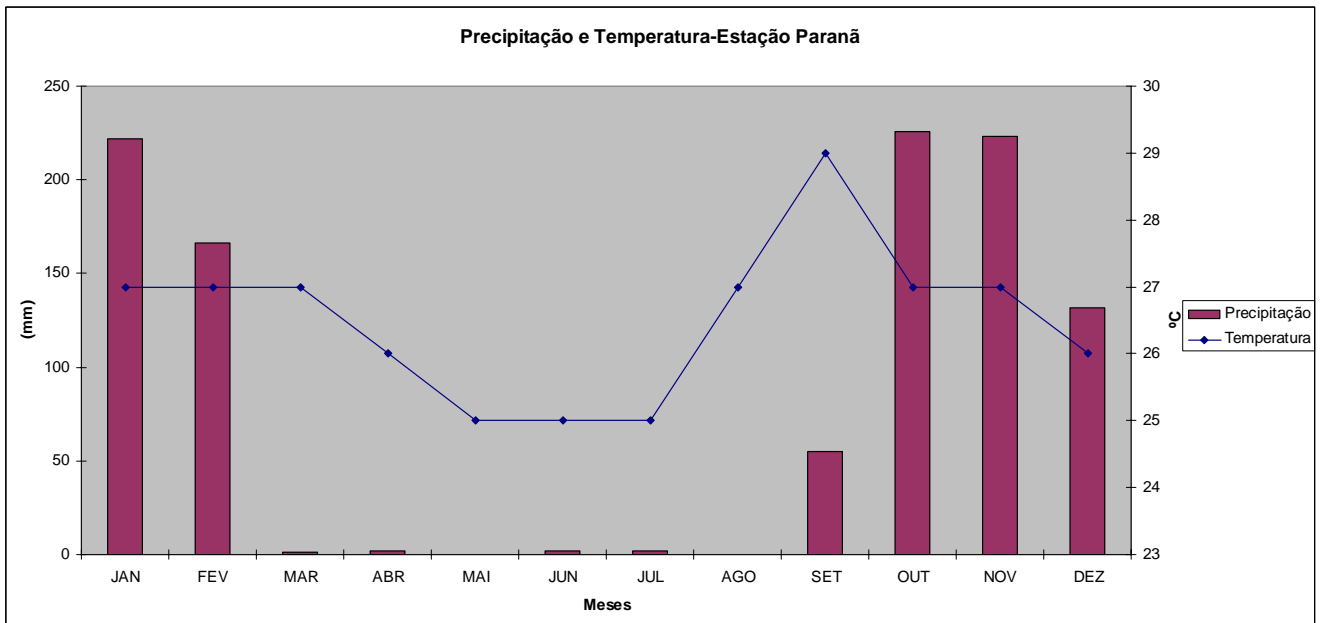


FIGURA 4.2.6.6 – Gráfico das chuvas totais em 2009 na Estação de Paranã.

Na estação de Campos Belos, nas proximidades da área obteve-se dados relativos a pluviosidade, num período de 31 anos de 1974 a 2005. A partir da observação dos dados é possível verificar que a total concordância com as estações de Taguatinga e Paranã. A pluviometria segue o padrão geral dos verões chuvosos e invernos secos com a os períodos de primavera e outono caracterizados como sendo transições para os períodos de chuva e estiagem.

Foi possível por meio da conjunção dos dados de chuva, temperatura (média, mínima e máxima), umidade relativa e evaporação elaborar dois gráficos com esses elementos inter-relacionados, que está apresentado nas FIGURAS 4.2.6.7 e 4.2.6.8.

A partir da leitura do gráfico, apresentado na FIGURA 4.2.6.8, é possível concluir que alguns elementos guardam íntima relação. A pluviosidade e a evaporação são quase que inversamente proporcionais. Nos meses de verão ocorrem os menores índices de evaporação, pois período ocorre excedente hídrico (EXC), ou seja, a água precipitada é suficiente para ser absorvida pelo solo e cobertura vegetal, evaporada e evapotranspirada e o restante abastecem os canais fluviais o que garante porcentagens de umidade relativa do ar ligeiramente maiores do que no período de estiagem, atingindo valores de 80%. Apesar de a temperatura apresentar pouca variação estando quase sempre acima dos 20°C, esta não representa sozinha o fator mais importante para que ocorra a evaporação, mas também a quantidade de água presente e a baixa umidade do ar. Nos meses mais secos, de maio a setembro os índices de evaporação aumentam consideravelmente, pois há influência direta nos baixos índices de umidade relativa do ar, que diminuem a quantidade de água fazendo com que aja um déficit hídrico. Já a umidade relativa do ar é um elemento que varia inversamente proporcional a temperatura. No período analisado é possível notar a ligeira variação do índice de umidade que no período chuvoso ficou em torno de 75% e no período de seca atingiu valores inferiores a 45%.

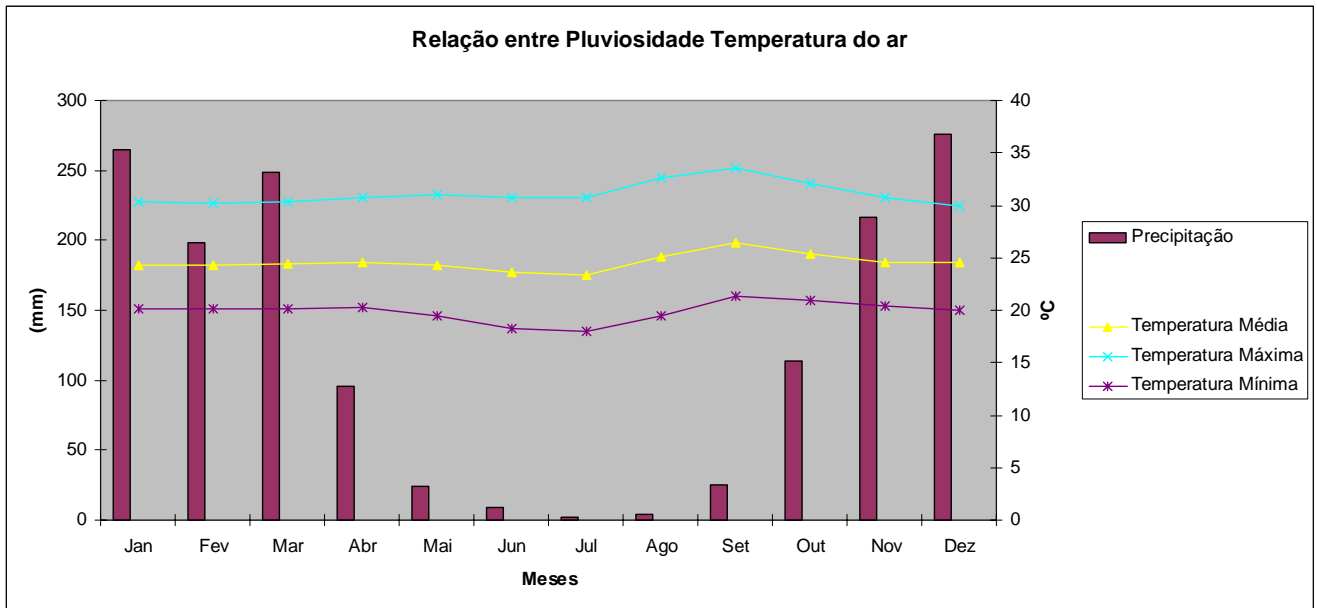


FIGURA 4.2.6.7 – Médias pluviométricas mensais e temperatura média, mínima e máxima para o período de 1974 - 2005, da Estação Campos Belos.

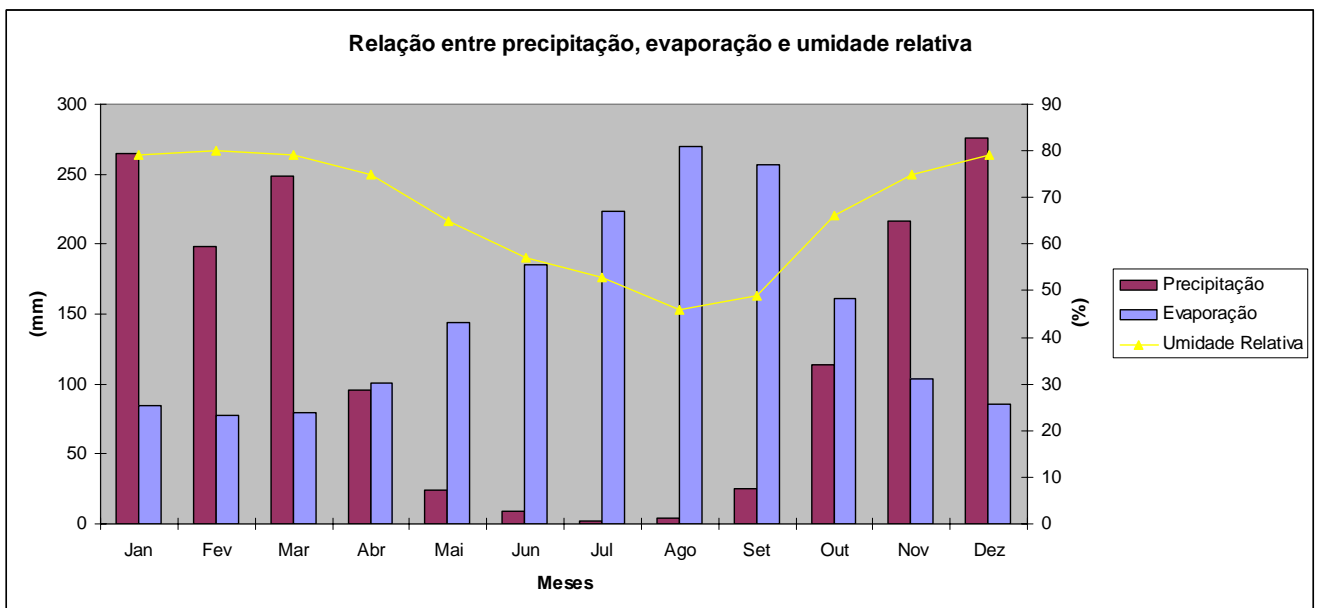


FIGURA 4.2.6.8 – Médias pluviométricas mensais, evaporação e umidade relativa para o período de 1974 - 2005, da Estação Campos Belos.

Outro elemento muito importante é o balanço hídrico que tem grande relação com os elementos elencados anteriormente, incluindo os índices de insolação e radiação. O balanço hídrico é considerado a somatória das quantidades de água que entram e saem de certa porção do solo em determinado intervalo de tempo, resultando na quantidade líquida de água que nele permanece disponível às plantas (TOMASELLA e ROSSATO, 2005).

Desta forma, outro elemento muito importante é a evapotranspiração potencial (EP), que consiste na correlação entre o balanço de radiação e indica a quantidade de água teoricamente necessária para manter a vegetação verde durante todo ano.

Segundo o estudo realizado por Pereira e Freitas (1982) que compõe o texto de climatologia do Projeto Radam Brasil, volume 29, folha ao milionésimo Brasília, foi realizado o Balanço hídrico para o posto meteorológico Monte Alegre de Goiás, próximo à área de estudo, apresentado na FIGURA 4.2.6.8, na qual é possível observar os índices de Precipitação (P), Evapotranspiração Real (ER), Evapotranspiração Potencial (EP), Déficit Hídrico (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Conforme descrevem Pereira e Freitas (1982) a alta pluviosidade no verão faz com que aja excedente hídrico a maior parte do ano, sendo que o déficit concentre-se nos meses de inverno, especialmente de junho a agosto. Desta forma, no verão há um excesso que soma 674mm, já em maio com a entrada da estiagem inicia-se a fase de utilização da água no solo, e como os índices de precipitação caem gradualmente, no final de junho observa-se déficit hídrico que se prolonga até meados de setembro, mês que marca o início das chuvas. Em outubro as precipitações alcançam alturas em torno de 100mm, e isso faz com que ocorra reposição de água no solo, para que já em novembro e dezembro ocorra excedente com 296mm além da capacidade de armazenamento, alimentado desta forma os cursos d'água da região. Nas FIGURAS 4.2.6.9 a 4.2.6.15 são apresentados os cartogramas da área abrangida pela folha 1:1000.000 Brasília, com os temas evapotranspiração, Excedente hídrico anual, Número de meses com excedente hídrico, Deficiência hídrica anual, Número de meses com deficiência hídrica e Índice de umidade de Thornthwaite, respectivamente.

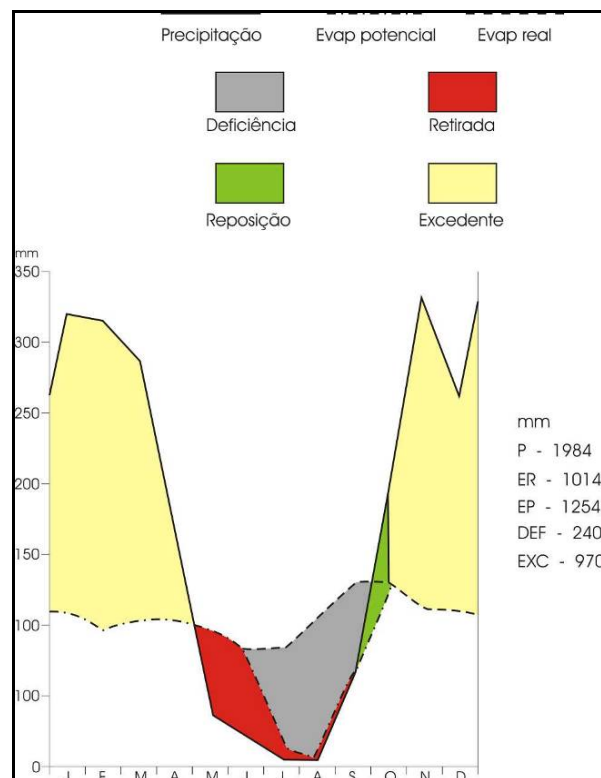


FIGURA 4.2.6.9 – Balanço hídrico para estação Monte Alegre de Goiás.

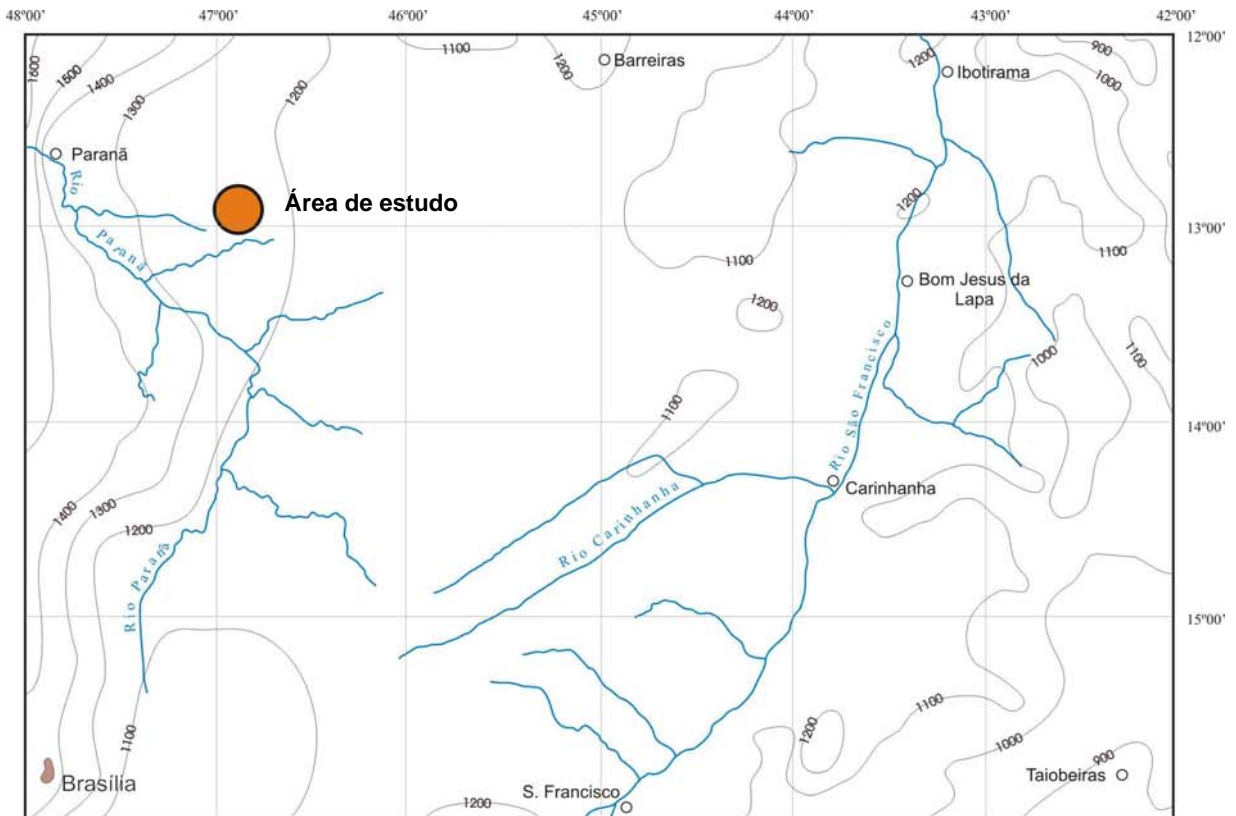


FIGURA 4.2.6.10 – Evapotranspiração Potencial anual para região abrangida pela folha Brasília ao milionésimo.

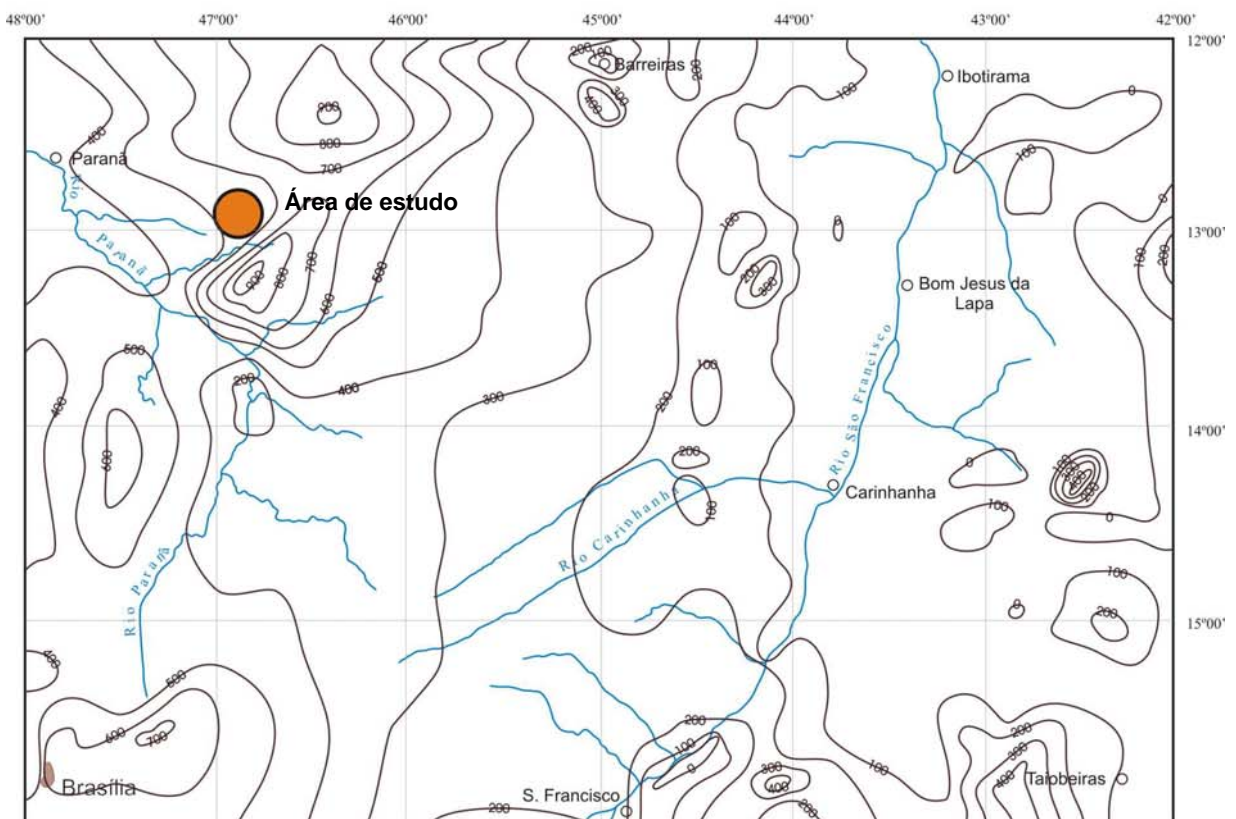


FIGURA 4.2.6.11 – Excedente hídrico anual para região abrangida pela folha Brasília ao milionésimo.

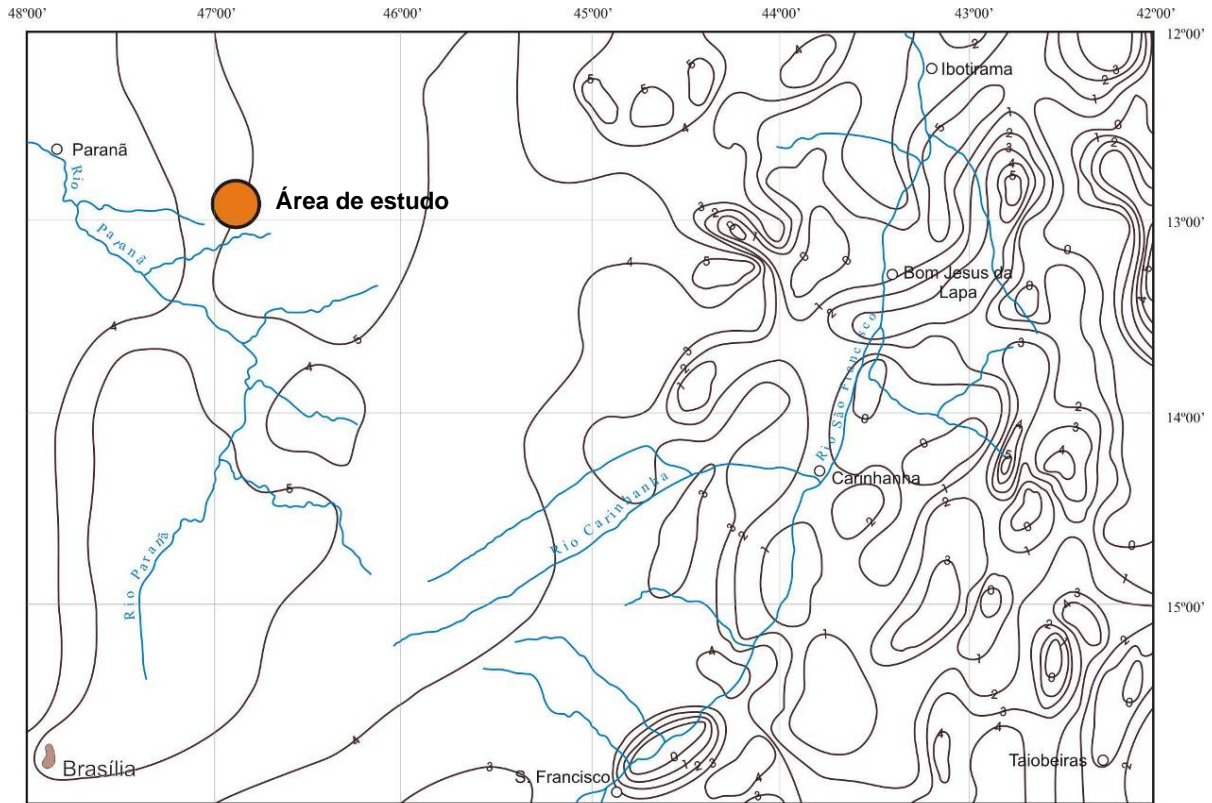


FIGURA 4.2.6.12 – Número de meses com excedente hídrico para região abrangida pela folha Brasília ao milionésimo.

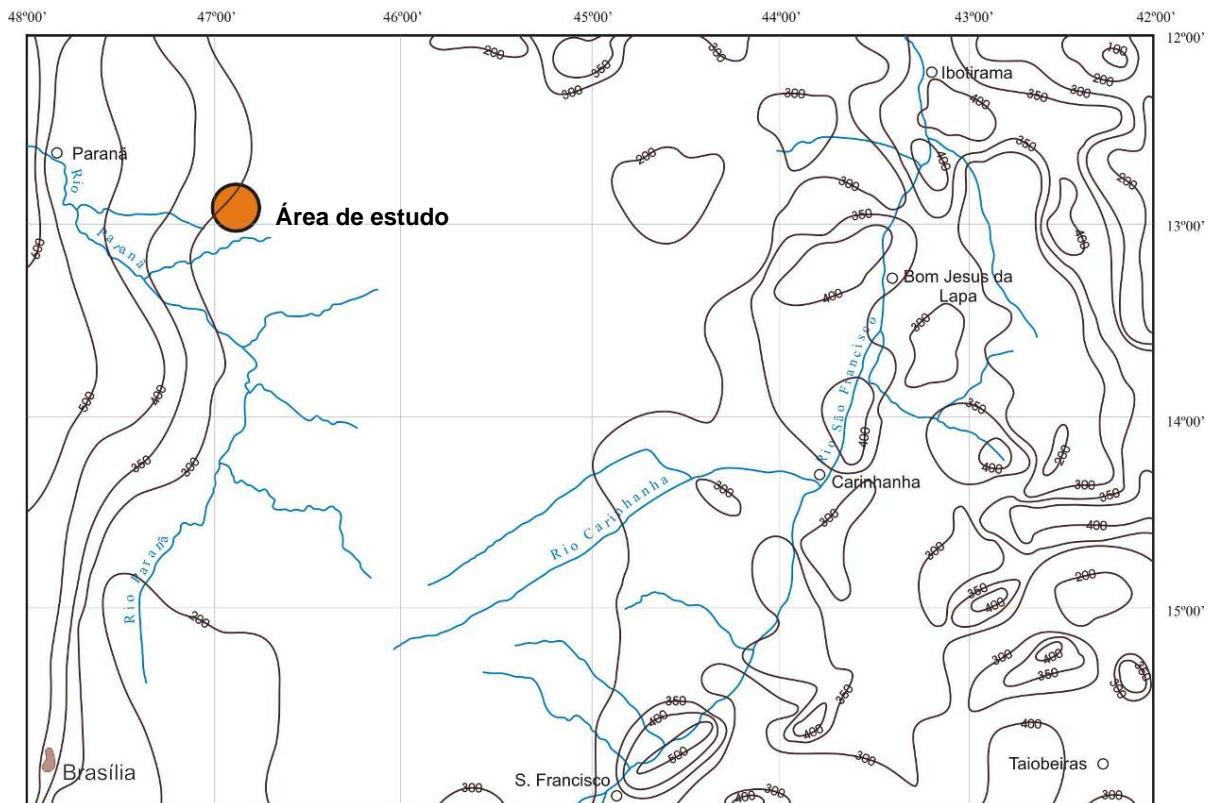


FIGURA 4.2.6.13 – Deficiência hídrica anual para região abrangida pela folha Brasília ao milionésimo.

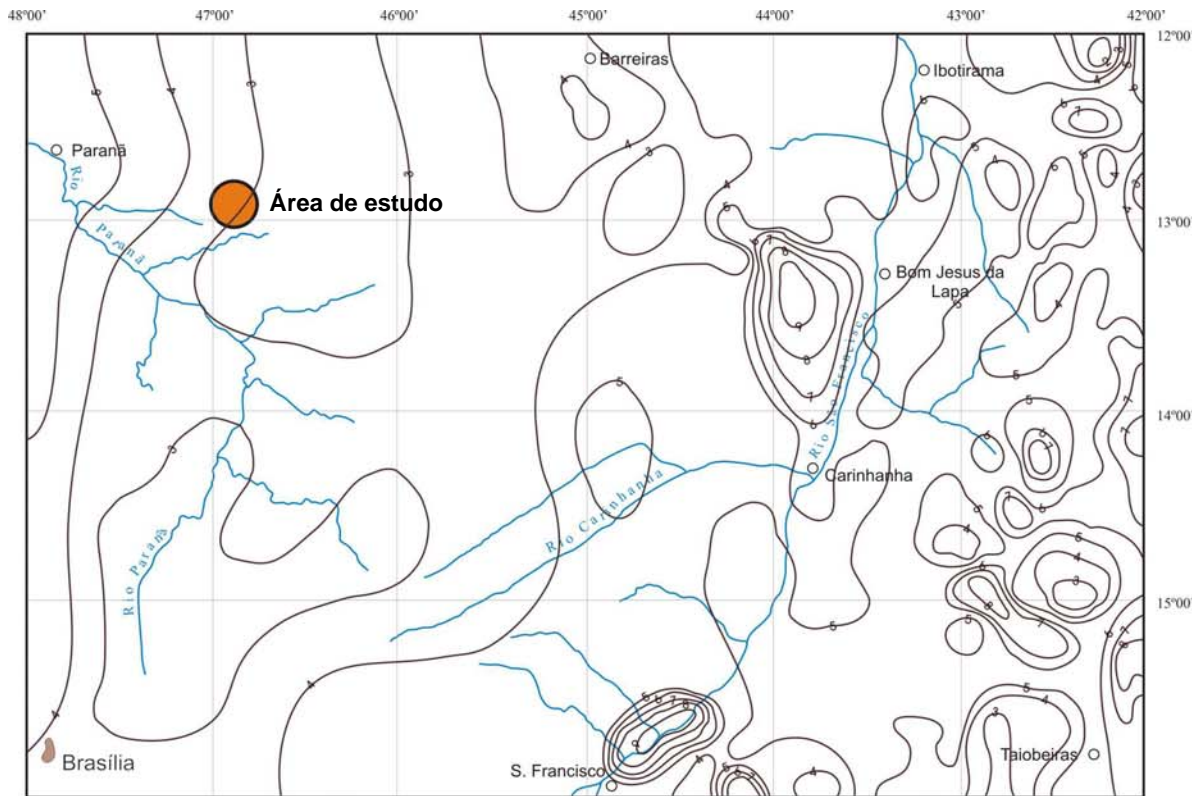


FIGURA 4.2.6.14 – Número de meses com deficiência hídrica mensal para região abrangida pela folha Brasília ao milionésimo.

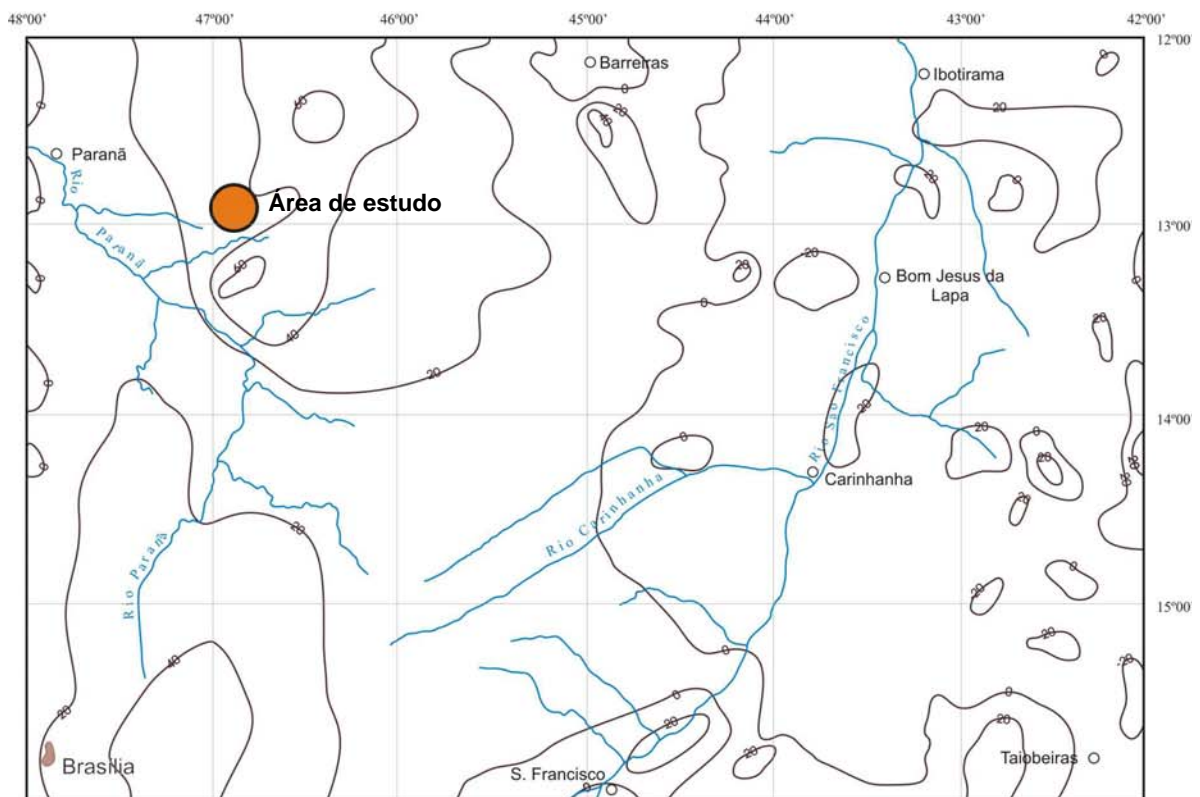


FIGURA 4.2.6.15 – Índice de umidade de Thornthwaite para região abrangida pela folha Brasília ao milionésimo

Em geral a evidências climáticas, dadas principalmente pelos índices pluviométricos e térmicos indicam para um clima característico do Planalto Central Brasileiro, verões quentes chuvosos e invernos quentes e secos, com raras ocorrências de dias frios. A junção de vários elementos confirma a assertiva sobre o clima reinante na área. Os dados apresentados nos vários cartogramas apresentados anteriormente (FIGURAS 4.2.6.9 a 4.2.6.15) também corroboram com o clima dominante para área. Os dados demonstram que para área ocorrem 5 meses com excedente hídrico com cerca de 500mm de excesso e somente 3 meses com déficit, o que equivale a 300mm de deficiência. Quanto a evapotranspiração potencial, anualmente fica em torno de 1250mm.

A partir da análise dos dados das Estações meteorológicas estudadas e a geração dos gráficos e compilação de dados, pode-se inferir que os resultados corroboram com os apontamentos de Nimer (1989), Pereira e Freitas (1982) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007), caracterizando um clima tipicamente tropical, ou seja, com distribuição irregular das chuvas, concentradas entre os meses de novembro e março, seca no inverno, pois quase passagens das correntes perturbadas de oeste que trazem as chuvas para o local. Salienta-se, que no Item 3 é apresentado um estudo pormenorizado sobre o balanço hídrico, levando-se em consideração as instalações das barragens no PROJETO ARRAIAS.

4.2.7. Qualidade do ar

No presente estudo, as concentrações de partículas totais em suspensão amostradas caracterizam a qualidade do ar na área em estudo para o empreendimento da ITAFÓS e seu entorno. Os resultados obtidos nesta fase servirão como base de comparação com os resultados obtidos em monitoramentos futuros, com a operação das áreas compreendidas nos limites propostos para o futuro empreendimento, sendo possível avaliar a interferência sobre a qualidade do ar.

O indicador mais usado no monitoramento da qualidade do ar é a concentração de partículas em suspensão no ar. Utilizou-se neste levantamento a amostragem de partículas totais, isto é, todas as faixas granulométricas de partículas em suspensão no ar, conforme Resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990.

Para a coleta da poeira total em suspensão na área em estudo foram utilizados amostradores de grande volume (*Hi-Vols*), de acordo com procedimento regido pelo Artigo 30, do Decreto Estadual nº 8.468, de 08 de setembro de 1976, relativo ao Anexo 1 - Método Referência para a Determinação de Partículas em Suspensão na Atmosfera.

Nesse método, o ar é succionado durante um período de 24 horas através de um filtro, geralmente de fibra de vidro ou outro material relativamente inerte, não higroscópico e que apresente baixa resistência à passagem do ar. A vazão de ar succionado (~ 2000 m³/dia) se mantém dentro de uma faixa que varia de 1,13 m³/min (filtro altamente carregado) a 1,70 m³/min (filtro limpo).

A determinação da massa de material particulado coletado é realizada através da técnica da gravimetria. O dispositivo indicador de fluxo de ar é calibrado utilizando-se um calibrador

padrão de vazão (CPV). As dimensões do orifício de entrada do amostrador (porta filtro) medem cerca de 25 cm x 30 cm. As dimensões do filtro são de 20,3 cm x 25,4 cm. O filtro é pesado antes e depois da amostragem numa balança sob condições especiais de temperatura e umidade para se determinar o ganho líquido em massa. Antes de cada pesagem, o filtro é pré-condicionado por pelo menos 24 horas. O volume de ar amostrado, corrigido para condições-padrão (25°C e 760 mmHg), é determinado a partir da vazão medida e do tempo de amostragem.

A concentração das partículas totais em suspensão (PTS) no ar ambiente é calculada dividindo-se a massa das partículas coletadas pelo volume de ar amostrado, corrigido para condições-padrão, e é expressa em microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). O método se aplica para medições de concentrações em massa de PTS, com níveis acima da faixa de 1-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e para partículas que apresentam em sua maioria uma granulometria de até 100 μm , dependendo da velocidade e direção dos ventos.

Para verificar a qualidade do ar da região foram realizadas 2 (duas) campanhas de monitoramento por um período de 4 (quatro) dias consecutivos, tendo cada amostragem uma duração de 24 (vinte e quatro) horas.

A primeira campanha de amostragem foi realizada entre os dias 23 a 26 de fevereiro de 2010 (período chuvoso) e a segunda campanha de monitoramento foi realizada entre os dias 15 a 18 de junho de 2010 (período de estiagem).

Em cada campanha de monitoramento foram instalados 3 (três) Hi-Vols em pontos representativos no entorno da futura área da fábrica e próximo às futuras áreas de lavra, conforme descrito a seguir:

- HV1 – Residência do Sr. Francisco;
- HV2 – Residência do Sr. Romeu;
- HV3 – Residência do Sr. José Domingos.

Nas FOTOS 4.2.7.1 a 4.2.7.3 podem ser visualizados os pontos de amostragem de material particulado em suspensão no ar com Hi-Vols.

Na FIGURA 4.2.7.7 estão indicados os locais onde foram realizadas as amostragens de qualidade do ar.



FOTO 4.2.7.1 – Ponto HV1 de amostragem da qualidade do ar, localizado próximo à residência do Sr. Francisco.



FOTO 4.2.7.2 – Ponto HV2 de amostragem da qualidade do ar, localizado próximo à residência do Sr. Romeu.



FOTO 4.2.7.3 – Ponto HV3 de amostragem da qualidade do ar, localizado próximo à residência do Sr. José Domingos.

No QUADRO 4.2.7.1 são apresentadas as concentrações de material particulado obtidas durante as duas campanhas de monitoramento realizadas em fevereiro e junho de 2010.

As FIGURAS 4.2.7.4 a 4.2.7.6 apresentam os gráficos com as variações da concentração de material particulado amostrado.

No mesmo período de realização das amostragens de material particulado foi instalada uma estação meteorológica para registrar as condições climáticas nos dias da realização do monitoramento. A estação meteorológica foi instalada em prédio localizado nas atuais instalações da ITAFÓS.

A estação meteorológica utilizada tem como componentes: termômetro, barômetro, higrômetro, pluviômetro, anemômetro e um sistema digital de armazenamento de dados.

Os resultados registrados na estação meteorológica durante as campanhas de monitoramento foram processados em planilha eletrônica e os valores médios de cada parâmetro analisado são apresentados nos QUADROS 4.2.7.2 e 4.2.7.3. As informações meteorológicas permitem que os resultados das amostragens de concentração de partículas sejam analisados à luz dos parâmetros de precipitação pluviométrica durante o período de amostragem, uma vez que as chuvas não só captam partículas em suspensão na atmosfera como também as mantêm junto ao solo, desfavorecendo a ressuspensão pela ação dos ventos e passagem de veículos.

QUADRO 4.2.7.1
CONCENTRAÇÕES DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO NO AR ($\mu\text{G}/\text{M}^3$)

CAMPANHA	DATA	HV1	HV2	HV3
		RESIDÊNCIA SR. FRANCISCO	RESIDÊNCIA SR. ROMEU	RESIDÊNCIA SR. DOMINGOS
1 ^a	23.02.10 a 24.02.10	04	32	95
	24.02.10 a 25.02.10	28	40	09
	25.02.10 a 26.02.10	22	57	59
2 ^a	15.06.10 a 16.06.10	43	62	39
	16.06.10 a 17.06.10	53	61	63
	17.06.10 a 18.06.10	45	42	89

Fonte: PROMINER PROJÉTOS LTDA., 2010.

QUADRO 4.2.7.2
**DADOS CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS DA
ITAFÓS MINERAÇÃO LTDA**

CAMPANHA	INTERVALO	TEMPERATURA	PRESSÃO	UMIDADE	PRECIPITAÇÃO
		(°C)	(mmHg)	(%)	(mm)
1 ^a	23.02.10 a 24.02.10	23,3	758,7	67,8	0,0
	24.02.10 a 25.02.10	23,5	759,0	67,1	0,0
	25.02.10 a 26.02.10	21,9	695,9	61,2	0,0
2 ^a	15.06.10 a 16.06.10	20,6	763,1	63,2	0,0
	16.06.10 a 17.06.10	20,2	762,5	63,9	0,0
	17.06.10 a 18.06.10	24,7	764,2	67,5	0,0

Fonte: PROMINER PROJÉTOS LTDA., 2010.

QUADRO 4.2.7.3
**VELOCIDADE E DIREÇÃO PREDOMINANTES DOS VENTOS DA
ITAFÓS MINERAÇÃO LTDA**

CAMPANHA	INTERVALO	DIREÇÃO	VELOCIDADE (km/h)
1 ^a	23.02.10 a 24.02.10	SSW	1,06
	24.02.10 a 25.02.10	SW	1,13
	25.02.10 a 26.02.10	SW	0,50
2 ^a	15.06.10 a 16.06.10	E	5,36
	16.06.10 a 17.06.10	E	2,69
	17.06.10 a 18.06.10	SE	0,50

Fonte: PROMINER PROJÉTOS LTDA., 2010.

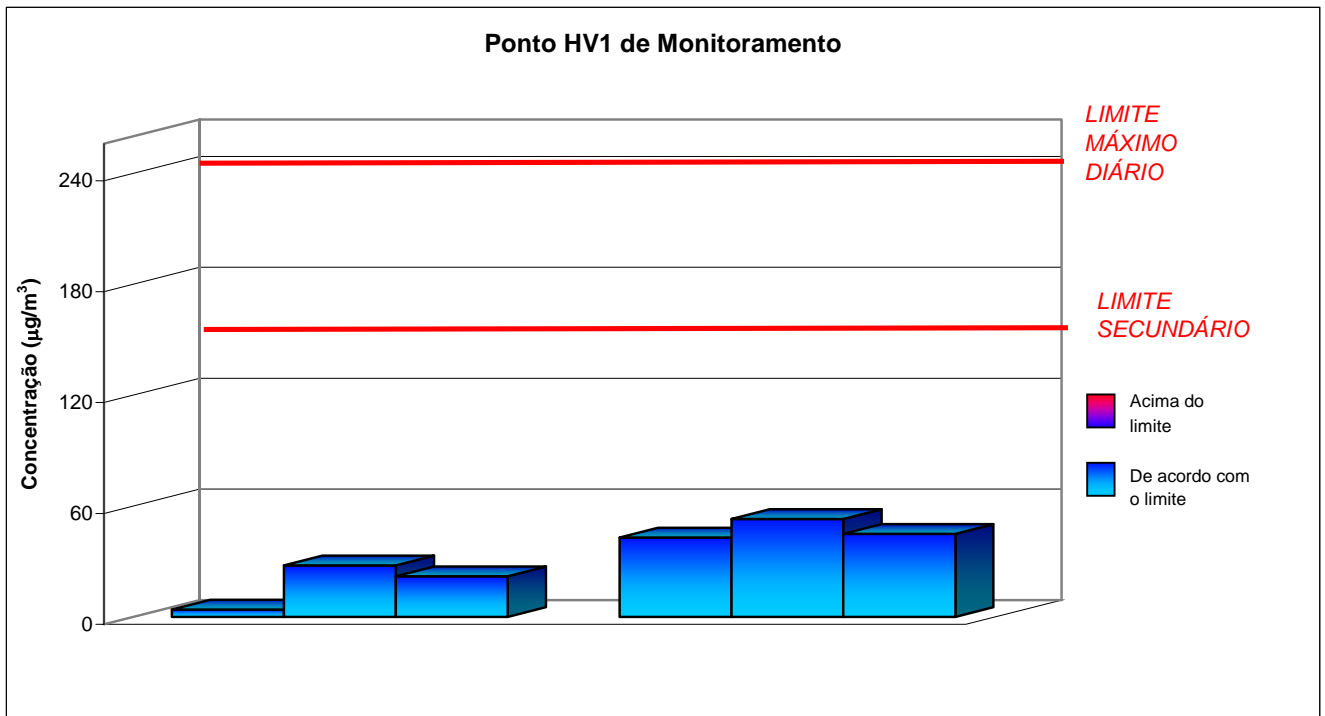


FIGURA 4.2.7.4 – Gráfico comparativo entre as concentrações de material particulado registradas no ponto HV1 nas duas campanhas de monitoramento.

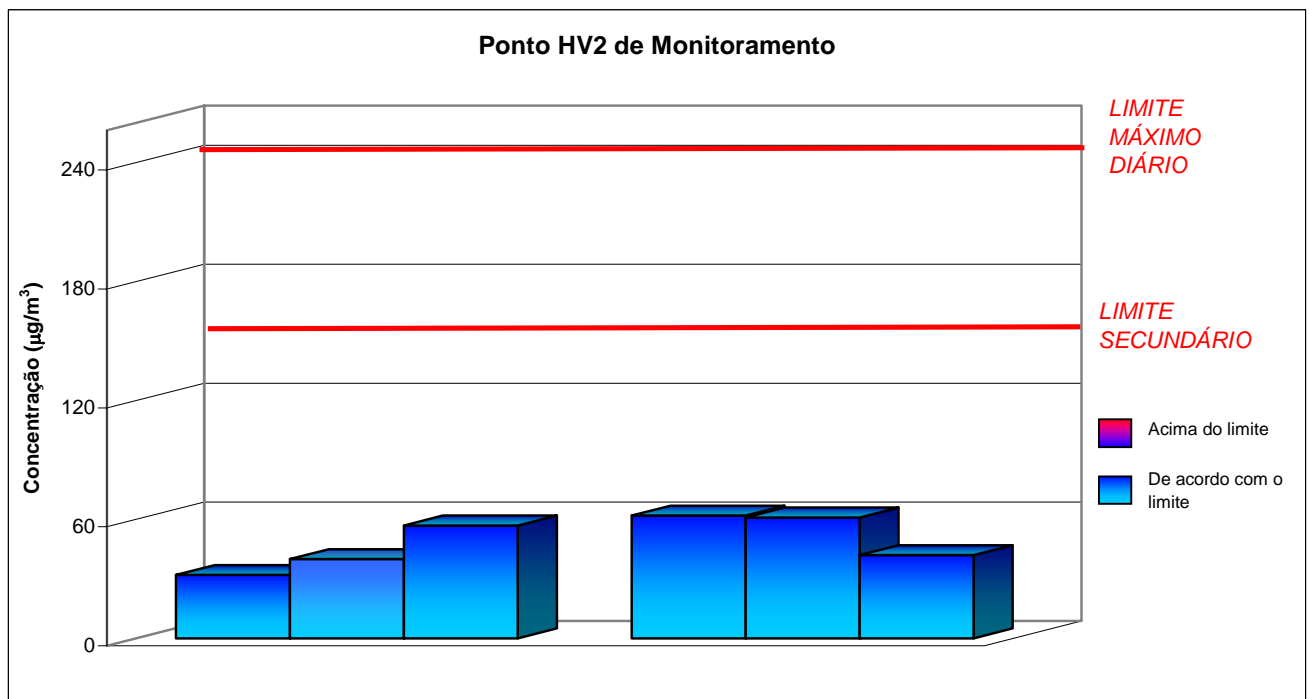


FIGURA 4.2.7.5 – Gráfico comparativo entre as concentrações de material particulado registradas no ponto HV2 nas duas campanhas de monitoramento.

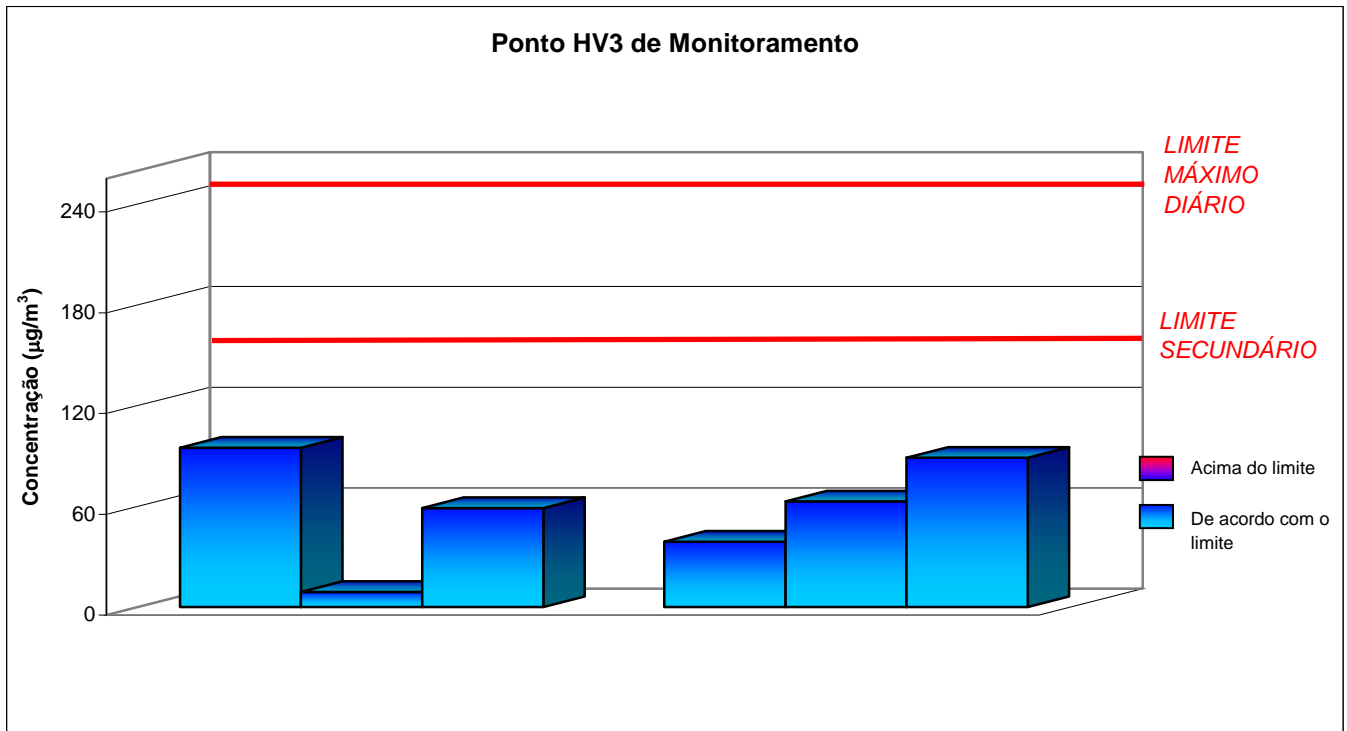


FIGURA 4.2.7.6 – Gráfico comparativo entre as concentrações de material particulado registradas no ponto HV3 nas duas campanhas de monitoramento.

A RESOLUÇÃO CONAMA nº 003 de 28 de junho de 1990 estabelece os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar para o material particulado em suspensão tanto para curtos períodos de exposição (médias de 24 h), como para períodos longos (médias anuais). Nesta resolução, estão estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários.

- Padrões primários

São padrões primários de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.

- Padrões secundários

São padrões secundários de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentrações de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de longo prazo.

O QUADRO 4.2.7.4 apresenta os padrões nacionais de qualidade do ar e os critérios para episódios agudos de poluição para PTS.

QUADRO 4.2.7.4
PADRÕES NACIONAIS DE QUALIDADE DO AR PARA PTS E
CRITÉRIOS PARA EPISÓDIOS AGUDOS

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO ($\mu\text{G}/\text{M}^3$)	PADRÃO SECUNDÁRIO ($\mu\text{G}/\text{M}^3$)	CRITÉRIOS PARA EPISÓDIOS AGUDOS ($\mu\text{G}/\text{M}^3$)		
				Atenção	Alerta	Emergência
PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO	24 h (1)	240	150	375	625	875

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

Os resultados apresentados no QUADRO 4.2.7.1, revelam que em ambas as campanhas de monitoramento as concentrações de material particulado em suspensão nos três pontos de amostragem enquadraram-se no limite diário de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e secundário de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ definido pela Resolução CONAMA 003/90.

Os pontos HV1 (residência do Sr. Horacir) e HV2 (residência do Sr. Altino) localizam-se respectivamente a sul e nordeste da futura área da ITAFÓS.

O ponto HV3 (residência do Sr. José Domingos), localizado a noroeste da área da ITAFÓS, apresentou as maiores concentrações de material particulado, porém, ainda assim, esses valores apresentam-se bastante baixos.

Conforme apresentado na FIGURA 4.2.7.7, verifica-se que o ponto HV3, localiza-se próximo da estrada não pavimentada e próximo ao vilarejo Canabrava, onde a movimentação de veículos é mais frequente, explicando as maiores concentrações de material particulado amostradas nos filtros.

Os dados meteorológicos apresentados no QUADRO 4.2.7.2, revelam a ausência de chuvas nos dias de amostragem em ambas as campanhas de monitoramento.

Verifica-se que a poeira emitida pela passagem de veículos leves e pesados pelas estradas não pavimentadas que ligam os vilarejos constitui-se como principal fonte de emissão de material particulado.

O período de estiagem na região em estudo estende-se entre maio a setembro. A segunda campanha de monitoramento ocorreu no mês de junho no início do período de estiagem e apresentou concentrações abaixo de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A coloração dos filtros prevaleceu marrom claro caracterizando a poeira das vias de acesso não pavimentadas.

Vale ressaltar que na segunda campanha de monitoramento devido os trabalhos de sondagem da ITAFÓS na área em estudo, um caminhão-pipa umectava as vias de acesso periodicamente minimizando a emissão de material particulado em função do tráfego de veículos.

FIGURA 4.2.7.7 – A3

4.2.8. Níveis de ruído

Com a finalidade de caracterizar os níveis de ruído na área em estudo, foi efetuado o monitoramento dos níveis de ruído (nível de pressão sonora) em duas campanhas de medição conforme a Norma ABNT NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000).

Na primeira campanha de monitoramento foi utilizado um decibelímetro/dosímetro tipo II, marca 01dB, modelo Solo, dotado de integrador de precisão, filtro de banda de oitava e capacidade de gravação de medições de até oito horas com precisão de um segundo. Para sua calibração utilizou-se o calibrador acústico 01dB-02, do tipo II, próprio para o decibelímetro utilizado.

Já para a segunda campanha de monitoramento, foi utilizado um decibelímetro/dosímetro tipo II, marca CEL, modelo CEL-460, dotado de integrador de precisão, filtro de banda de oitava e capacidade de gravação de medições de até oito horas em intervalos de um segundo. Para sua calibração, utilizou-se o calibrador acústico CEL-282, do tipo II, próprio para o decibelímetro utilizado.

O decibelímetro foi fixado a um tripé, posicionando-o a 1,20m de altura em relação ao terreno local. Utilizou-se o modo *FAST*, na faixa de 30 a 100dB(A), com curva de compensação "A". Efetuou-se a calibração com o calibrador CEL-282 imediatamente antes do início das medições.

Para caracterizar um determinado ambiente submetido a diferentes níveis de ruído, com variação de forma aleatória no tempo, determinou-se o nível de ruído equivalente, Leq . Este valor é fornecido pelo próprio decibelímetro como uma média de todo o período de medição.

Com a finalidade de avaliar a distribuição dos níveis de ruído durante um determinado intervalo de medição, calculou-se o valor de L_x . Esse valor representa o nível de ruído superado em X% do tempo. Por exemplo, $L_{90} = 42\text{dB(A)}$, significa que 90% dos níveis de ruído medidos a intervalos de tempo regulares estiveram acima de 42 dB(A).

As campanhas de monitoramento dos níveis de ruído foram realizadas nos dias 23 e 24 de março de 2010 e nos dias 16 e 17 de junho de 2010.

Em cada campanha de medição foram distribuídos 18 (dezoito) pontos de monitoramento próximo ao local onde será instalada a unidade fabril e nas vias de acesso as áreas de lavra, bacia de captação de água e barragem de rejeitos.

Na FIGURA 4.2.7.7 é apresentada a localização dos pontos de monitoramento dos níveis de ruído.

Nas FOTOS 4.2.8.1 a 4.2.8.4 podem ser visualizados alguns dos pontos de medição dos níveis de ruído.



FOTO 4.2.8.1 – Ponto de monitoramento próximo a via de acesso.



FOTO 4.2.8.2 – Monitoramento dos níveis de ruído próximo a porteira de uma fazenda vizinha.



FOTO 4.2.8.3 – Ponto medição de ruído na área de estudo.



FOTO 4.2.8.4 – Ponto de medição de ruído na área de estudo.



FOTO 4.2.8.5 – Ponto de monitoramento próximo à fazenda. Ao fundo, vista do rebanho de gado



FOTO 4.2.8.6 – Medição de ruído na área em estudo.

Os resultados obtidos no monitoramento dos níveis de ruído na primeira campanha para os períodos diurno e noturno estão apresentados nos QUADROS 4.2.8.1 e 4.2.8.2, respectivamente. Os resultados obtidos na segunda campanha de monitoramento estão apresentados nos QUADROS 4.2.8.3 e 4.2.8.4.

QUADRO 4.2.8.1
NÍVEIS DE RUÍDO MEDIDOS PARA O PERÍODO DIURNO – 1ª CAMPANHA

PONTO	UTM-E (m)	UTM-N (m)	DATA	Início de início hh:mm	L ₁₀ (ruído de pico) dB(A)	L ₉₀ (ruído de fundo) dB(A)	L _{Aeq} (Nível médio de ruído) dB(A)
R1	311.170	8.571.415	23.02.2010	12:24	62,6	31,0	59
R2	310.845	8.570.537	23.02.2010	12:41	42,5	27,3	61
R3	310.350	8.569.852	23.02.2010	12:58	49,4	30,5	53
R4	311.105	8.568.465	23.02.2010	13:16	39,1	27,2	37
R5	313.022	8.566.798	23.02.2010	13:33	44,3	34,1	53
R6	309.486	8.569.690	23.02.2010	15:56	41,9	34,8	40
R7	312.438	8.571.958	23.02.2010	16:20	52,8	50,3	54
R8	312.998	8.572.244	23.02.2010	16:33	48,5	40,3	45
R9	308.994	8.572.167	23.02.2010	16:56	41,7	36,0	50
R10	308.518	8.572.638	23.02.2010	17:10	43,3	38,7	46
R11	303.853	8.573.960	23.02.2010	17:40	41,7	31,6	48
R12	305.012	8.573.114	23.02.2010	17:57	39,5	31,7	39
R13	304.624	8.570.736	23.02.2010	18:17	40,5	30,7	53
R14	304.502	8.569.016	23.02.2010	18:35	42,4	35,9	42
R15	311.446	8.570.741	23.02.2010	10:55	34,2	25,9	31
R16	311.322	8.570.611	23.02.2010	11:09	31,1	24,4	30
R17	311.436	8.570.398	23.02.2010	11:23	40,9	29,6	38
R18	311.391	8.570.252	23.02.2010	11:38	33,1	26,0	30

QUADRO 4.2.8.2
NÍVEIS DE RUÍDO MEDIDOS PARA O PERÍODO NOTURNO – 1ª CAMPANHA

PONTO	UTM-E (m)	UTM-N (m)	DATA	Início da medição hh:mm	L ₁₀ (ruído de pico) dB(A)	L ₉₀ (ruído de fundo) dB(A)	L _{Aeq} (Nível médio de ruído) dB(A)
R1	311.170	8.571.415	23.02.2010	23:32	51,6	34,9	64
R2	310.845	8.570.537	23.02.2010	23:17	37,5	29,9	37
R3	310.350	8.569.852	23.02.2010	22:40	36,8	34,0	36
R4	311.105	8.568.465	23.02.2010	22:19	37,3	31,0	35
R5	313.022	8.566.798	23.02.2010	22:00	40,9	33,9	45
R6	309.486	8.569.690	23.02.2010	22:59	48,6	40,8	50
R7	312.438	8.571.958	23.02.2010	23:47	50,3	33,0	54
R8	312.998	8.572.244	24.02.2010	00:00	35,8	31,8	36
R9	308.994	8.572.167	24.02.2010	00:19	35,0	31,6	34
R10	308.518	8.572.638	24.02.2010	00:33	35,2	34,0	35
R11	303.853	8.573.960	24.02.2010	01:00	34,7	31,5	35
R12	305.012	8.573.114	24.02.2010	01:14	46,5	39,3	43
R13	304.624	8.570.736	24.02.2010	01:31	35,6	31,4	34
R14	304.502	8.569.016	24.02.2010	01:46	39,0	36,3	38
R15	311.446	8.570.741	23.02.2010	22:39	35,3	28,3	33
R16	311.322	8.570.611	23.02.2010	22:53	33,6	29,6	32
R17	311.436	8.570.398	23.02.2010	23:08	26,6	23,7	26
R18	311.391	8.570.252	23.02.2010	23:24	38,8	24,6	45

QUADRO 4.2.8.3
NÍVEIS DE RUÍDO MEDIDOS PARA O PERÍODO DIURNO – 2ª CAMPANHA

PONTO	UTM-E (m)	UTM-N (m)	DATA	Início de início hh:mm	L ₁₀ (ruído de pico) dB(A)	L ₉₀ (ruído de fundo) dB(A)	L _{Aeq} (Nível médio de ruído) dB(A)
R1	311.170	8.571.415	16.06.2010	11:47	48,0	30,5	47
R2	310.845	8.570.537	16.06.2010	11:33	54,5	34,0	53
R3	310.350	8.569.852	16.06.2010	11:19	52,0	52,5	55
R4	311.105	8.568.465	16.06.2010	12:51	52,0	31,5	58
R5	313.022	8.566.798	16.06.2010	12:35	38,0	32,0	48
R6	309.486	8.569.690	16.06.2010	11:02	54,0	33,5	50
R7	312.438	8.571.958	16.06.2010	12:00	51,0	34,0	55
R8	312.998	8.572.244	16.06.2010	12:14	44,5	38,0	42
R9	308.994	8.572.167	16.06.2010	10:48	57,5	48,5	55
R10	308.518	8.572.638	16.06.2010	10:35	52,0	35,5	49
R11	303.853	8.573.960	16.06.2010	10:06	57,5	46,5	54
R12	305.012	8.573.114	16.06.2010	09:44	37,5	31,0	36
R13	304.624	8.570.736	16.06.2010	09:29	50,5	33,5	46
R14	304.502	8.569.016	16.06.2010	09:11	44,5	34,0	43
R15	311.446	8.570.741	16.06.2010	15:21	33,0	- - -	- - -
R16	311.322	8.570.611	16.06.2010	15:39	40,0	37,5	38
R17	311.436	8.570.398	16.06.2010	15:57	37,0	30,0	30
R18	311.391	8.570.252	16.06.2010	16:12	35,0	31,5	32

- - - abaixo dos 30,0 dB(A)

QUADRO 4.2.8.4
NÍVEIS DE RUÍDO MEDIDOS PARA O PERÍODO NOTURNO – 2ª CAMPANHA

PONTO	UTM-E (m)	UTM-N (m)	DATA	Início de início hh:mm	L ₁₀ (ruído de pico) dB(A)	L ₉₀ (ruído de fundo) dB(A)	L _{Aeq} (Nível médio de ruído) dB(A)
R1	311.170	8.571.415	17.06.2010	01:48	32,0	- - -	- - -
R2	310.845	8.570.537	17.06.2010	02:02	34,0	- - -	- - -
R3	310.350	8.569.852	17.06.2010	02:16	33,0	- - -	- - -
R4	311.105	8.568.465	17.06.2010	02:34	33,5	- - -	- - -
R5	313.022	8.566.798	17.06.2010	02:52	35,5	- - -	- - -
R6	309.486	8.569.690	17.06.2010	01:35	32,5	- - -	- - -
R7	312.438	8.571.958	17.06.2010	01:09	36,5	- - -	36
R8	312.998	8.572.244	17.06.2010	00:50	34,0	31,0	- - -
R9	308.994	8.572.167	17.06.2010	00:36	37,5	- - -	35
R10	308.518	8.572.638	17.06.2010	00:22	35,5	30,0	36
R11	303.853	8.573.960	16.06.2010	23:44	36,5	- - -	36
R12	305.012	8.573.114	16.06.2010	23:17	33,5	- - -	- - -
R13	304.624	8.570.736	16.06.2010	23:00	34,5	- - -	- - -
R14	304.502	8.569.016	16.06.2010	22:40	37,5	33,0	38
R15	311.446	8.570.741	17.06.2010	01:23	31,5	- - -	- - -
R16	311.322	8.570.611	16.06.2010	22:00	43,0	35,5	46
R17	311.436	8.570.398	16.06.2010	22:13	38,5	- - -	36
R18	311.391	8.570.252	16.06.2010	22:26	46,5	- - -	45

- - - abaixo dos 30,0 dB(A)

A Norma ABNT NBR 10.151/2000 estabelece padrões ambientais para ruído e conforto acústico, determinando o nível máximo de pressão sonora admissível em ambientes externos. Os limites estabelecidos por esta Norma estão apresentados no QUADRO 4.2.8.5.

QUADRO 4.2.8.5
NÍVEIS DE RUÍDO LIMITE PARA AMBIENTES EXTERNOS - DB(A)

TIPO DE ÁREAS	DIURNO	NOTURNO
ÁREAS DE SÍTIOS E FAZENDAS	40	35
ÁREA 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

Fonte: Norma ABNT NBR 10.151/2000

Os resultados obtidos no monitoramento dos níveis de ruído, bem como a vistoria “in loco” revelou que as principais fontes de ruído na área em estudo se devem a passagem de veículos leves e pesados pelas vias de acesso entre os vilarejos e o município de Arraias e o maquinário que realizava pesquisas de sondagem na região.

Na primeira campanha de monitoramento no período diurno, os pontos R1 e R2, localizados na via de acesso principal próximo a futura área da fábrica, apresentaram os maiores níveis de ruído próximo aos 59 dB(A) e 61 dB(A), respectivamente. Estes pontos foram influenciados pela passagem de veículos leves e pesados que se dirigiam a Arraias.

Os pontos que apresentaram níveis de ruído entre 45 dB(A) e 55 dB(A), foram influenciados pelo som de pássaros, grilos e ao fundo pelo ruído de caminhões e motos. Os demais pontos que apresentaram níveis médios de ruído abaixo de 42 dB(A) foram influenciados apenas pelo som de pássaros e grilos.

No período noturno, os pontos R1, R6 e R7 apresentaram os maiores níveis de ruído em função da movimentação dos equipamentos de sondagem que operavam próximo aos locais de medição. Estes pontos estão localizados na via de acesso as futuras áreas de lavra e fabril.

Os pontos R5, R12 e R18 apresentaram níveis de ruído entre 43 dB(A) e 45 dB(A). Estes pontos foram influenciados pela passagem de veículos no período de medição.

Os demais pontos apresentaram níveis médios de ruído abaixo de 38 dB(A). Estes pontos foram influenciados pelo som de sapos, grilos, cavalos, vacas e pela conversa de moradores que residem próximo aos locais de medição.

Na segunda campanha de monitoramento, o ponto R4 apresentou o maior nível de ruído próximo aos 58 dB(A). Este ponto foi influenciado pela passagem de motos e caminhonetes no período de medição.

Os pontos localizados à beira das vias de acesso foram influenciados pelo som de grilos e pássaros, cigarras, vacas e pela passagem de algum veículo. Estes pontos apresentaram um

nível médio de ruído próximo aos 55 dB(A). Os demais pontos que não foram influenciados pela passagem de veículos apresentaram um L_{eq} abaixo de 50 dB(A). O ponto R15 chegou a apresentar um resultado abaixo de 30 dB(A), demonstrando a ausência de fontes de ruído consideravelmente elevadas.

No período noturno, apenas o som de grilos influenciaram na maioria das medições. Nestes pontos o nível médio de ruído esteve abaixo de 30 dB(A). Os demais pontos que apresentaram níveis de ruído abaixo de 40 dB(A).

Em contra partida ao período diurno, os pontos R16 e R18 apresentaram um L_{eq} de 46 dB(A) e 45 dB(A), respectivamente, devido aos trabalhos de sondagem próximo aos pontos de medição.

Os pontos que apresentaram os maiores níveis de ruído também apresentaram grandes diferenças entre os valores L_{10} e L_{90} indicando grandes variações dos níveis de ruído no período de medição. Estas variações se devem à passagem de veículos próximos aos pontos de medição.

Verifica-se um nível de ruído consideravelmente baixo nestas áreas devido à ausência de fontes fixas e constantes de ruído, além da baixa movimentação de veículos leves e pesados pela região. Nota-se apenas um ruído mais elevado próximo aos locais onde ocorriam pesquisas de sondagem.