

2.2.5 HIDROGEOLOGIA

♦ INTRODUÇÃO

A hidrogeologia é a ciência que estuda as águas subterrâneas, sua ocorrência, distribuição, movimento e qualidade. É uma disciplina interdisciplinar que abrange a geologia, a hidrologia, a química e outras áreas do conhecimento. Compreender a hidrogeologia é fundamental para uma gestão adequada dos recursos hídricos e para a preservação do meio ambiente.

Neste capítulo, serão apresentadas informações sobre as características hidrogeológicas das áreas de influência (ADA/AID/AII), com o objetivo de subsidiar a posterior avaliação dos impactos ambientais decorrentes das atividades previstas. Serão descritas algumas características dessas águas subterrâneas, tanto do ponto de vista da qualidade dos aquíferos, bem como das disponibilidades, profundidades, tipos de usos predominantes, entre outros.

♦ METODOLOGIA

Para a elaboração do diagnóstico referente a hidrogeologia das áreas de influência (ADA, AID e AII), considerou-se como referencial os estudos produzidos pelo IBGE, CPRM, AGERH (Agência Estadual de Recursos Hídricos), entre outros, bem como estudos contratados pela CBE, isto é, oriundos de relatórios de diversas investigações, tais como:

- Mapa Hidrogeológico do Sudeste do Brasil, elaborado pelo IBGE (2015);
- Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo, elaborado pela CPRM (2014);
- Diagnóstico e Prognóstico das Condições de Uso da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, elaborado pela AGERH (2018);
- Estudo dos Mananciais Alternativos para Captação, elaborado pelo município de Cachoeiro de Itapemirim (2021);
- Hidrogeoquímica do Sistema Aquífero Cristalino no sul do estado do Espírito Santo – Brasil, elaborado por Neves *et. al.* (2021);
- Relatório da construção de 03 poços de monitoramento (poços tubulares rasos), construídos na área do empreendimento (2015);
- Resultados de análise físico-química de água coletada em 03 poços de monitoramento - poços tubulares rasos (2019);
- Relatório Técnico ‘Caracterização das Nascentes existentes na área destinada ao Depósito Controlado de Estéril 2 (DCE 2)’, elaborado pela empresa Procalcim Consultoria Ltda. (2014);
- Relatório de sondagens SPT (07 furos) realizadas na área do empreendimento, elaborado pela Rio Minas Geologia (2015);
- Estudos geofísicos para locação de poços na área do empreendimento, elaborados pela Poço Fundo (2015) e Hidropoços (2022);
- Perfil litológico e construtivo de poço tubular profundo (2015);
- Resultados de 02 análises físico-químicas coletadas em 01 poço tubular profundo (2016 e 2019).

◆ **DIAGNÓSTICO**

Neste texto serão abordados os principais aspectos qualitativos e quantitativos dos aquíferos presentes nas áreas de influência, com vistas ao fornecimento de subsídios para uma avaliação adequada dos impactos ambientais potenciais sobre as águas subterrâneas.

O diagnóstico hidrogeológico será apresentado mediante dois tópicos centrais, quais sejam: a abordagem do tema sob uma contextualização em nível regional, seguida da contextualização em nível local.

A abordagem em nível regional servirá como diagnóstico para as áreas de influência direta e indireta devido à similaridade das características hidrogeológicas da região de estudo, uma vez que as mesmas formações aquíferas encontradas na AID são encontradas na AI, conforme Figura 2.1.3.1-2 apresentada no tópico de áreas de influência.

No entanto, a avaliação mais localizada realizada com base nos estudos de cunho hidrogeológico executados pelo empreendimento, conforme elencados no item anterior, servirão aqui como dados básicos para o diagnóstico da área de influência direta (AID) e da área diretamente afetada (ADA), dada as características pontuais desses estudos.

- CONTEXTUALIZAÇÃO EM NÍVEL REGIONAL

A região Sudeste do Brasil é composta por um arcabouço que abrange grande diversidade de unidades hidroestratigráficas, com idades que variam desde o Arqueano ao Cenozóico, com as águas subterrâneas distribuídas em diferentes sistemas aquíferos com distintos padrões de potencialidade. O mapa hidrogeológico da região sudeste do Brasil classifica as regiões de acordo com a produtividade dos aquíferos a partir de dados do acervo nacional com dados e informações hidrogeológicas, em que as potencialidades são classificadas com base nos valores de vazão e de vazão específica de 27.535 poços tubulares (IBGE, 2015; CPRM, 2014).

Segundo o mapa hidrogeológico supracitado, nas áreas de influência direta e indireta, prevalecem poços com produtividade baixa, isto é, poços com vazões entre 3 m³/h e 10 m³/h. A ocorrência desta faixa de vazões na região se dá, possivelmente, pela influência de fatores geológicos (litologia, fraturamento e manto de intemperismo), tectono-estruturais e fisiográficos.

Neves et al. (2021) destacam que as águas subterrâneas dessa região estão distribuídas no Sistema Aquífero Cristalino (SAC) e no Sistema Aquífero Sedimentar (SAS), os quais ocorrem ao longo de toda a Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim (BHRI), seguindo a distribuição espacial que será apresentada na Figura 2.2.5-1.

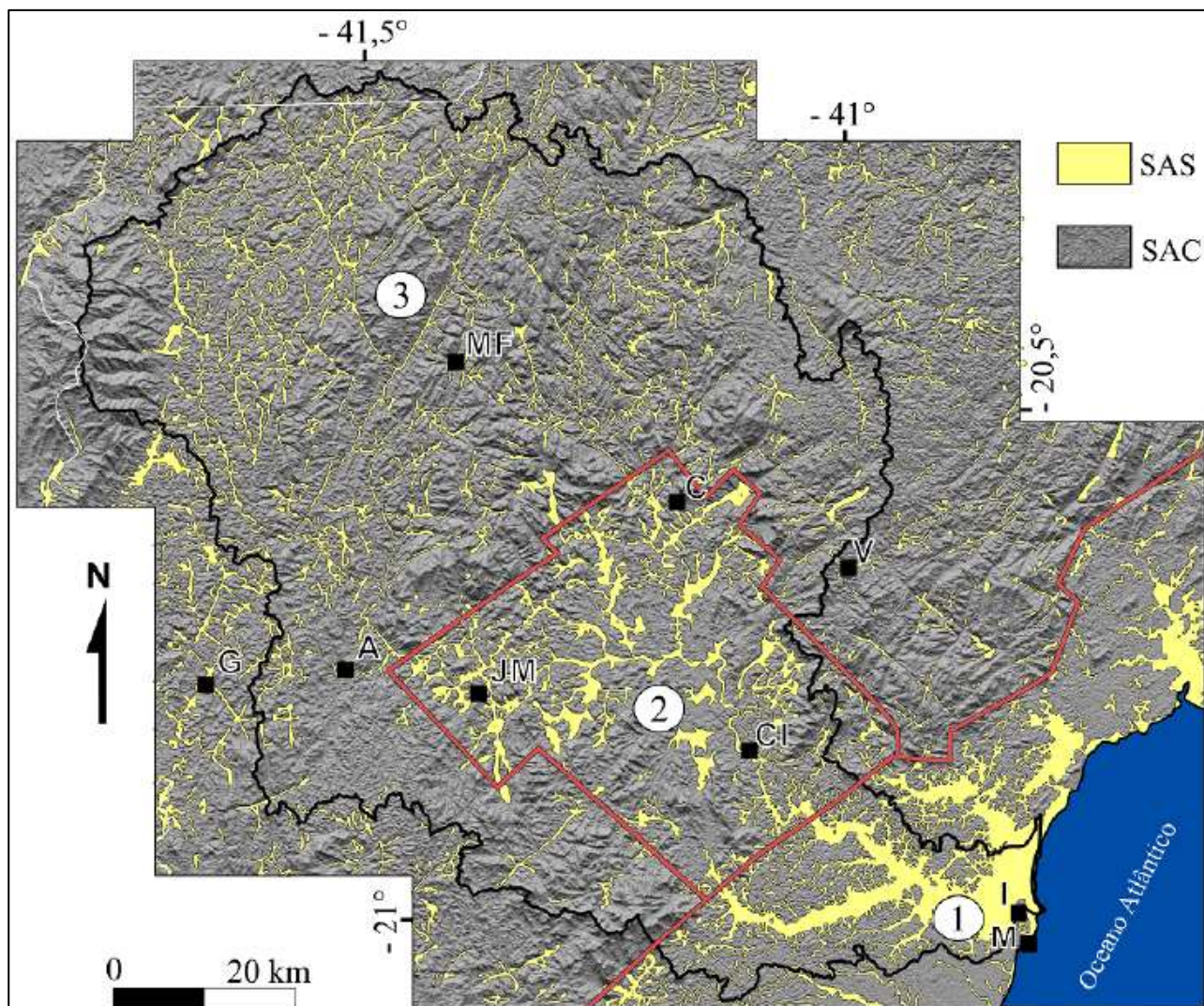


Figura 2.2.5-1: Distribuição espacial dos sistemas aquíferos da Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim plotada sobre relevo sombreado com azimuth de 315°. A: Alegre; C: Castelo; G: Guaçuí; CI: Cachoeiro de Itapemirim; I: Itapemirim; JM: Jerônimo Monteiro; M: Marataízes; MF: Muniz Freire; V: Venda Nova do Imigrante; Compartimentos: 3: Alta BHRI; 2: Média BHRI; 1: Baixa BHRI; SAS: Sistema Aquífero Sedimentar; SAC: Sistema Aquífero Cristalino (Fonte: Neves et. al., 2021).

Sistema Aquífero Cristalino (SAC)

O SAC ocupa cerca de 88% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim e ocorre em regiões de rochas predominantemente ígneas e metamórficas (rochas cristalinas fraturadas) representadas frequentemente por gnaisses e granitoides, e é composto de dois subsistemas: o meio fraturado, em que a água percola nas discontinuidades da rocha, e o manto de intemperismo, que se comporta como um aquífero de porosidade primária. A rocha fraturada é considerada um meio eventualmente muito transmissivo, enquanto o manto de intemperismo subjacente, um meio poroso com alta capacidade de armazenamento (NEVES et al., 2021).

Sistema Aquífero Sedimentar (SAS)

O SAS ocorre sobreposto ao SAC, de forma mais localizada, rasa e abrange 12% da área da bacia. É composta, nas porções da Alta e da Média BHRI, dos sedimentos aluviais e coluviais presentes nas planícies fluviais, nos fundos de vales e nas encostas de morros. A região da Média BHRI é a porção em que estão inseridas a AID e a AII. Na porção da Baixa BHRI, sobretudo na região litorânea, ocorre nas coberturas sedimentares da Formação Barreiras e nos sedimentos costeiros ou litorâneos, além dos depósitos fluviocoluviais.

Embora o SAS seja um aquífero de porosidade intergranular, sua distribuição é controlada pelas estruturas geológicas da área, como zonas de fraturas (juntas e falhas), que compartimentam o terreno. Na porção da Média BHRI, os corpos sedimentares são irregulares e relativamente menos frequentes do que na porção baixa e relativamente mais frequentes do que a porção alta (NEVES et al., 2021).

Mesmo não possuindo grande abrangência de área, e ainda não apresentar grande produtividade, esse tipo de formação pode apresentar localmente potencial hidrogeológico para fornecer água a pequenas comunidades rurais onde não está presente a rede de abastecimento público. É importante ressaltar também que a pequena profundidade dessa formação pode restringir as captações a pequenos volumes de água (AGERH, 2018).

Aspectos Qualitativos e Quantitativos

Em termos de qualidade, de acordo com Neves et al. (2021), as águas subterrâneas da região em que estão inseridas a AID e AII são predominantemente bicarbonatadas sódicas e cloretadas sódicas, com certo grau de mineralização em razão da contribuição de rochas silicáticas em associação com litotipos carbonáticos, como mármore e calciossilicáticas.

O diagnóstico e prognóstico das condições de uso da água na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, elaborado pela AGERH (2018), estima para a região hidrográfica em que estão situadas a AID e AII uma reserva hídrica subterrânea da ordem de $2,94 \times 10^9$ (m³/ano) em termos de reserva reguladora, e de $1,47 \times 10^9$ (m³/ano) em termos de reserva explorável.

No que se refere aos tipos de usos das águas subterrâneas dessa região, Neves et al. (2021) destacam a indústria de beneficiamento de rochas ornamentais, concentrado na área urbana da sede do município de Cachoeiro de Itapemirim, como principal. Em segundo lugar, vem o uso para consumo humano (29%), por meio de abastecimento público, rural ou doméstico. Destacaram ainda o uso para dessedentação de animais em granjas e a irrigação, que ocorrem de forma minoritária, com 8 e 3%, respectivamente (Figura 2.2.5-2).

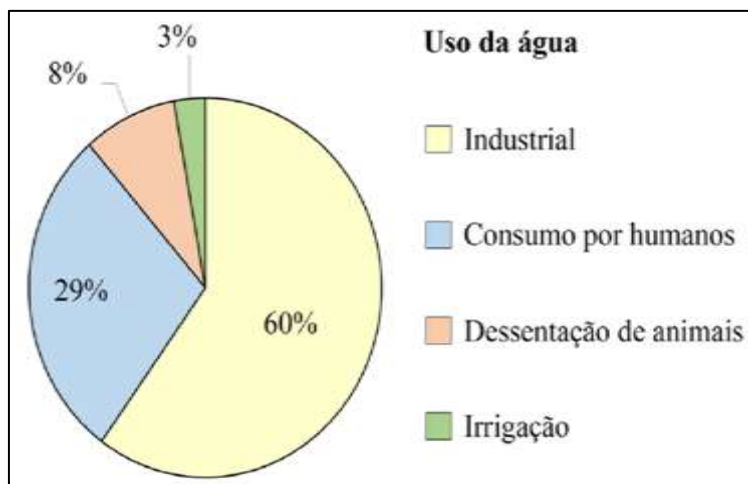


Figura 2.2.5-2: Usos a que se destinam as águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim (Fonte: Neves et al., 2021).

- CONTEXTUALIZAÇÃO EM NÍVEL LOCAL

O diagnóstico hidrogeológico local teve como base, sobretudo, os estudos contratados pela CBE, que foram trabalhos realizados justamente para a investigação das águas subterrâneas nas AID e ADA. A partir desses relatórios, conforme elencados acima no item “Metodologia”, pôde-se ter uma avaliação do comportamento das águas subterrâneas rasas (aquífero livre e raso ou lençol freático) e profundas.

Desta forma, os resultados desses trabalhos apresentados serão separados em duas abordagens, quais sejam: o aquífero livre e raso (lençol freático) e o aquífero profundo.

Aquífero Livre e Raso (Lençol Freático)

O aquífero livre e raso é formado pela porção superior do SAC, isto é, o aquífero poroso representado pelo manto de intemperismo. E, em menor escala ocupacional da área, formado pelo SAS, que ocorre sobreposto ao SAC, de forma mais localizada, rasa e composta por sedimentos aluviais e coluviais presentes nas planícies fluviais, nos fundos de vales e nas encostas de morros.

Dentre os estudos de cunho hidrogeológicos realizados, os que serviram como base para o diagnóstico hidrogeológico local foram o relatório da construção de 03 poços de monitoramento (poços tubulares rasos) construídos na AID (próximos à ADA) e os resultados analíticos da qualidade das águas desses poços. Destacam-se ainda os estudos realizados para a caracterização das nascentes existentes na área do DCE 2 e as investigações geotécnicas por sondagens a trado e SPT.

Esses serviços/estudos permitiram a realização de um diagnóstico hidrogeológico da AID e ADA, sobretudo no que se refere à profundidade média do lençol freático, a potenciométrica do aquífero e o sentido preferencial do fluxo hídrico subterrâneo e, ainda, noções da qualidade da água do aquífero livre e raso.

Profundidade Média do Aquífero Livre e Raso (Lençol Freático)

A avaliação da profundidade média do lençol freático foi realizada a partir de dados de perfurações de poços de monitoramento, sondagens a trado e SPT.

Durante o período de junho a outubro de 2014 foram realizadas a perfuração e construção de 03 (três) poços de monitoramento, em que o intuito principal seria a investigação da profundidade do lençol freático e a possibilidade de amostragens de água subterrânea para as análises físico-químicas.

O desenvolvimento e construção dos poços de monitoramento basearam-se em normas técnicas brasileiras vigentes para a construção de poços de monitoramento e amostragem.

A perfuração do poço foi realizada com auxílio de trado, sondas rotativas e outros. A perfuração no substrato argiloso foi realizada com o diâmetro de oito polegadas. O método utilizado para perfuração não utilizou bombeamento de fluidos de perfuração, em conformidade com o que se é recomendado pela norma técnica específica.

A Tabela 2.2.5-1 mostra as coordenadas de localização dos 03 (três) poços de monitoramento construídos na AID/ADA. Mostra ainda a cota topográfica, o nível d'água e a profundidade do poço.

Tabela 2.2.5-1: Coordenadas de localização, cota topográfica, nível d'água e profundidade dos poços piezométricos.

Poço	UTM – E	UTM – N	Cota (m)	Nível d'água (m)	Profundidade do poço (m)
PZ-01	280773	7702831	97,5	4,30	8,20
PZ-02	280014	7702096	89,8	4,50	7,40
PZ-03	278865	7699410	57	3,85	7,10

A Figura 2.2.5-3 mostra imagens das etapas de construção de um dos poços de monitoramento. O perfil construtivo e características construtivas dos 03 (três) poços de monitoramento são mostradas nas Figuras 2.2.3-4 a 2.2.3-6.

A Figura 2.2.5-3 mostra a localização dos poços. A Figura 2.2.5-4 mostra imagens das etapas de construção de um dos poços de monitoramento. O perfil construtivo e características construtivas dos 03 (três) poços de monitoramento são mostradas nas Figuras 2.2.5-5 a 2.2.5-7.

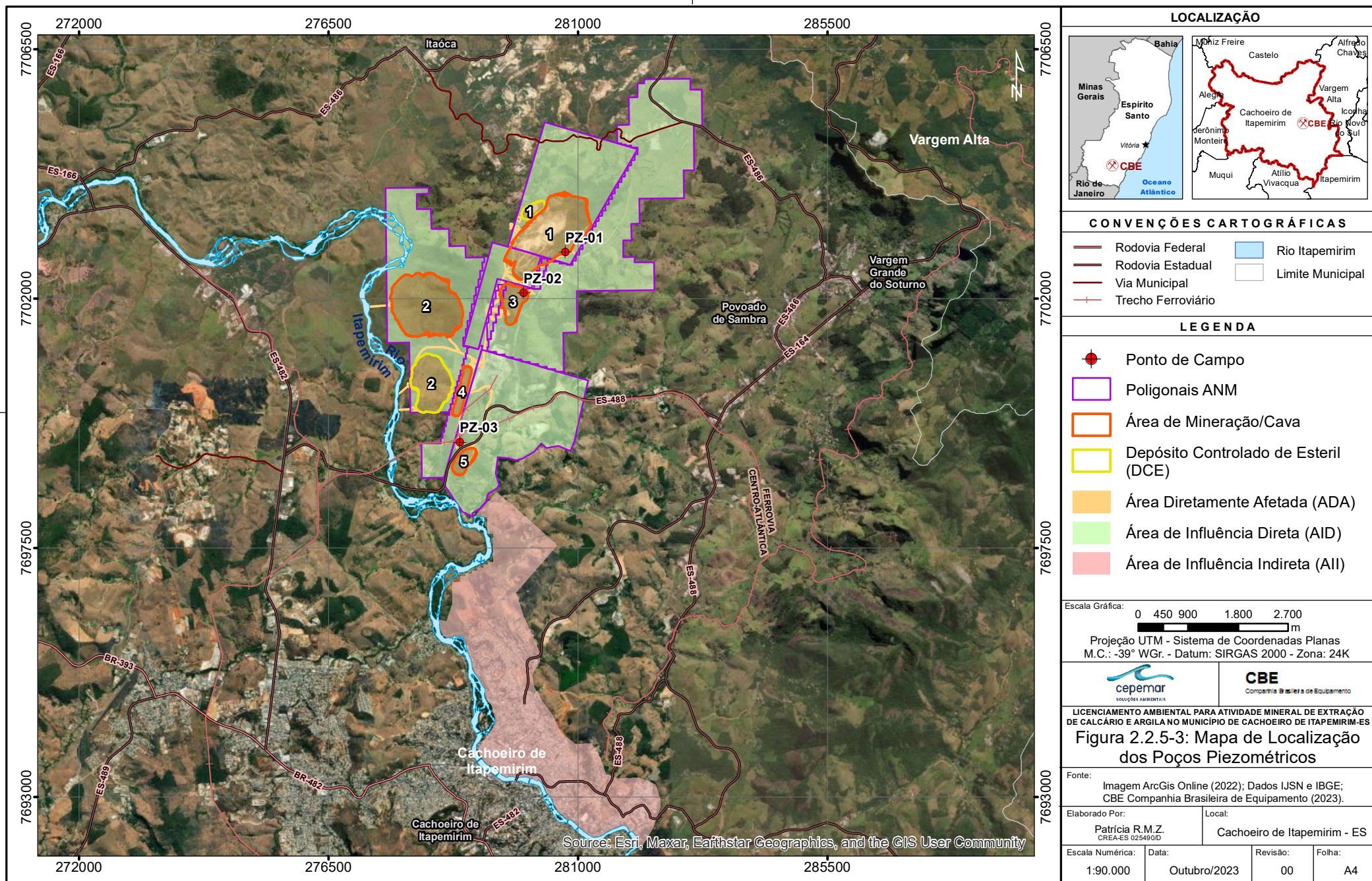




Figura 2.2.5-4: Etapas da perfuração de um dos três poços de monitoramento construídos. Todos os três poços foram construídos em conformidade com as normas técnicas vigentes. A) Perfuração do poço de monitoramento; B) Material de revestimento utilizado, e; C) Poço de monitoramento construído.

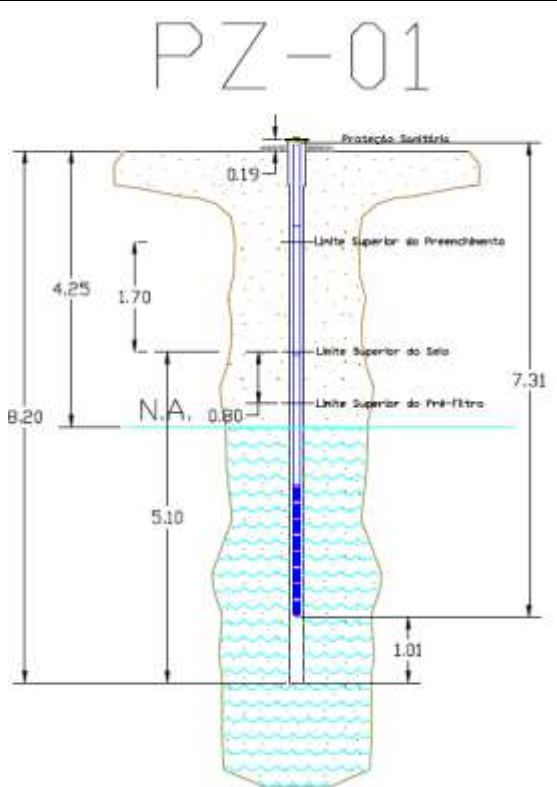
Perfil construtivo	Características construtivas
 The diagram shows a cross-section of well PZ-01. Key dimensions include a total depth of 8.20m, a casing diameter of 0.19m, and a filter section of 5.10m. Labels indicate the 'Proteção Sanitária', 'União Superior do Preenchimento', 'União Superior do Selo', and 'União Superior do Pré-filtro'.	- Data da conclusão da construção: 18/08/2014; - Método de perfuração: Sondagem rotativa com fluido de perfuração sem bombeamento (água); - Diâmetro da perfuração: 8"; - Diâmetro interno do revestimento: 4 polegadas; - Profundidade total do poço: 8,20 metros; - N.A.: 4,30 metros; - Equipamento Utilizado: Sonda Sondeq SS21 - Materiais utilizados: Revestimento DN100 (4") x 2,00m, Filtro DN100, Cap. Fêmea DN100, Cap de pressão 4" – Alumínio, Câmara de Calçada 7" – Alumínio, Pré filtro (granul. 1,5 a 3,0mm) sacos de 25 kgs; Compactolit – saco de 25 kg. - Filtro DN100 (4") x 2,00 m x 0,50 mm; - O pré-filtro ocupou 4,3 metros ao longo do perfil do poço. Utilizou-se 6 sacos contendo 25 kg cada; - O selo de bentonita foi inserido no furo após ser umidificado e lançado no poço em forma de esferas.

Figura 2.2.5-5: Perfil e características construtivas do PZ-01.

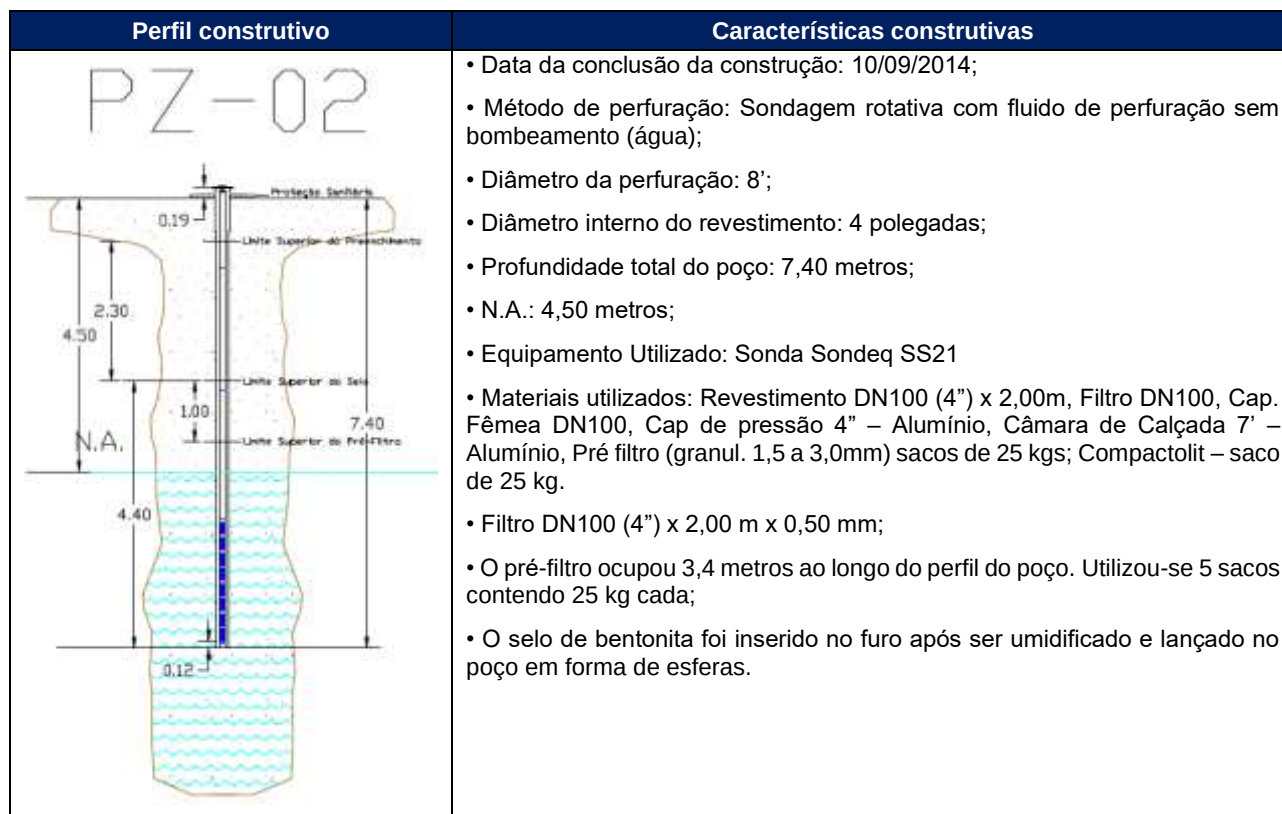


Figura 2.2.5-6: Perfil e características construtivas do PZ-02.

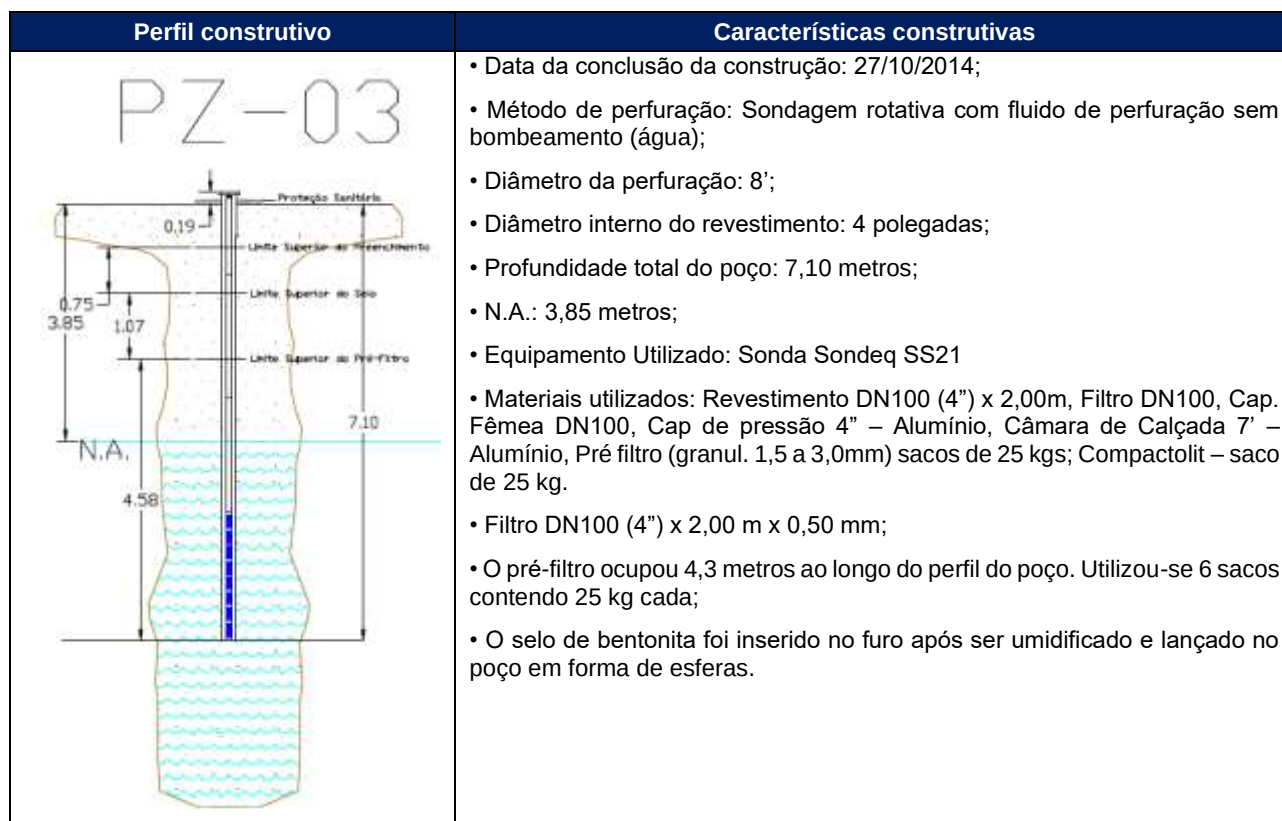


Figura 2.2.5-7: Perfil e características construtivas do PZ-03.

A profundidade do nível d'água do lençol freático pôde ser avaliada também a partir de 08 furos de trado realizados na AID em julho de 2014. Esses furos não foram preservados a partir de revestimentos tubulares, haja vista que a intenção era a investigação do nível d'água em pontos específicos na área.

A Tabela 2.2.5-2 mostra as coordenadas de localização das sondagens a trado, bem como a cota topográfica e o nível d'água alcançado nesses pontos investigados. É possível notar nessa tabela ainda, que a sondagem F1 não alcançou o nível d'água, uma vez que se atingiu material impenetrável ao trado na profundidade de 2,50m.

Tabela 2.2.5-2: Coordenadas de localização, cota topográfica e nível d'água das sondagens a trado.

Sondagem a trado	UTM – E	UTM – N	Cota (m)	Nível d'água (m)	Observação
F1	280633	7702765	95,5	-	Atingiu o impenetrável em 2,50m - seco
F2	280596	7702731	104,2	5,50	Próximo ao córrego Jacaré
F3	280256	7702238	89,35	1,30	Próximo ao córrego Jacaré
F4	279919	7701959	85,65	1,00	Próximo ao córrego Jacaré
F5	279862	7702113	94,7	6,40	Próximo ao córrego Jacaré
F6	277956	7702692	44,85	5,40	Próximo ao rio Itapemirim
F7	277432	7702174	47,5	6,20	Próximo ao rio Itapemirim
F8	277308	7701899	56,6	4,00	Próximo ao rio Itapemirim

Outro estudo que contribuiu bastante para o esclarecimento do comportamento hidrodinâmico das águas subterrâneas na AID/ADA foi o estudo de caracterização das nascentes existentes na área de entorno do DCE 2 (Anexo 5).

O Relatório Técnico da caracterização das nascentes existentes na área destinada ao DCE 2, elaborado pela empresa Procalcim em setembro de 2014, segue apresentado na íntegra no Anexo 5

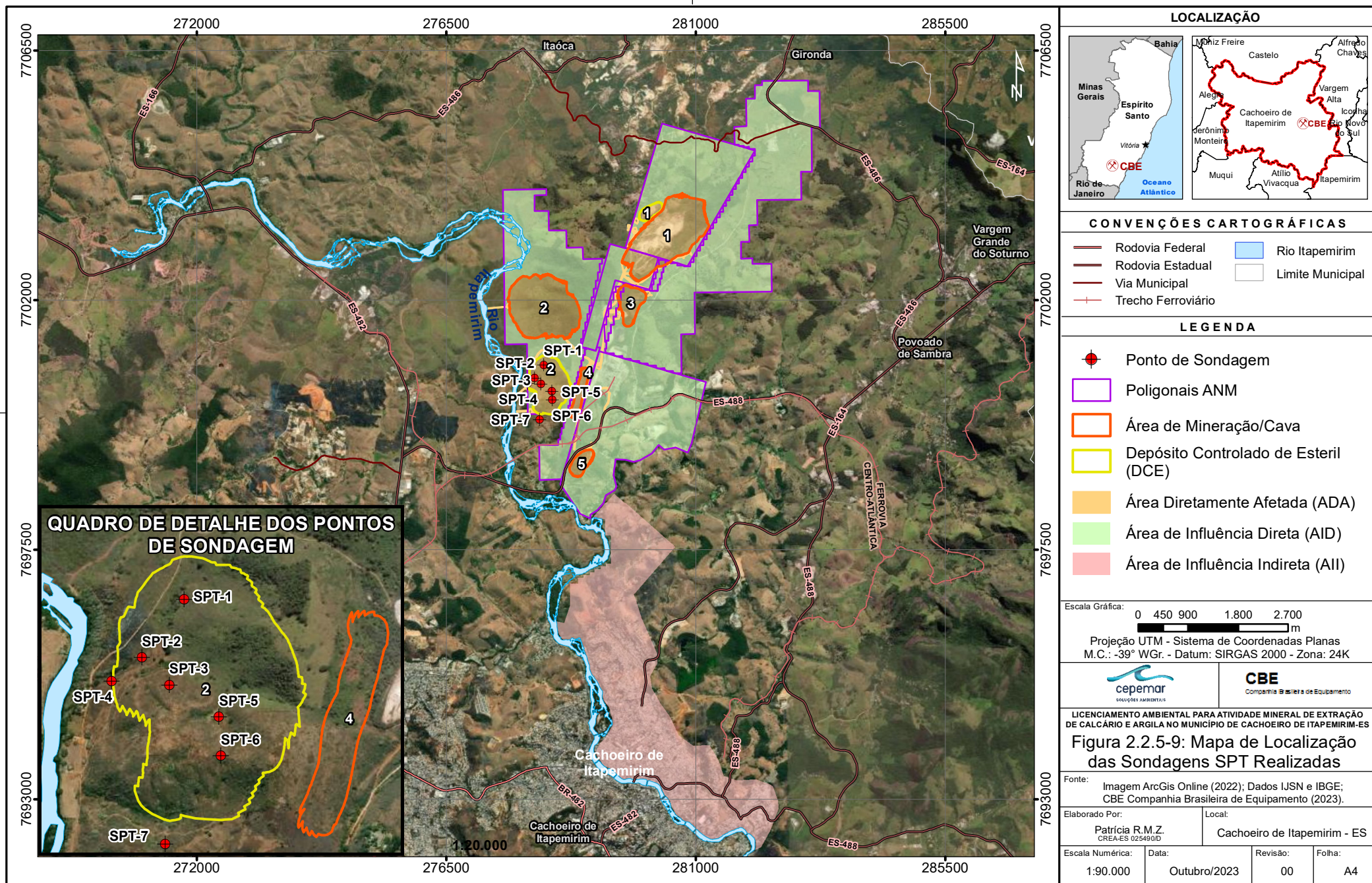
Desse relatório é possível extrair várias informações específicas sobre a localização das nascentes, pluviometria, balanço hídrico e muito mais. Destaca-se, contudo, o resultado em que as drenagens e nascentes “existentes” ali, foram caracterizadas como drenagens efêmeras e nascentes intermitentes, inclusive, descaracterizando essas drenagens e nascentes como APPs, de acordo com o Código Florestal.

No entanto, para o presente estudo (Profundidade média do aquífero livre e raso), buscou-se nesse Relatório Técnico dados de perfurações no solo, uma vez que foram executadas 07 sondagens geotécnicas do tipo SPT, executadas pela Rio Minas Geologia em julho de 2014. Os boletins de furo de sondagens a percussão com ensaio SPT encontram-se apresentados no Anexo 10.

A Tabela 2.2.5-3 mostra as coordenadas de localização das 07 (sete) sondagens SPT e a observação quanto à profundidade máxima alcançada pela perfuração. Pode-se observar nessa tabela que as sondagens SPT realizadas na área projetada para a construção do DCE 2 não alcançaram nível d'água subterrânea em nenhuma das perfurações.

Tabela 2.2.5-3: Coordenadas de localização das sondagens SPT e profundidade máxima alcançada em cada perfuração.

Sondagem a trado	UTM – E	UTM – N	Nível d'água	Observação
SPT-1	278262	7700826	Não encontrado	Em 5,00 metros o substrato mostrou-se impenetrável ao amostrador
SPT-2	278093	7700594	Não encontrado	Em 6,43 metros o substrato mostrou-se impenetrável ao amostrador
SPT-3	278203	7700484	Não encontrado	Em 6,40 metros o substrato mostrou-se impenetrável ao amostrador
SPT-4	277971	7700500	Não encontrado	Em 15,25 metros o substrato mostrou-se impenetrável ao amostrador
SPT-5	278402	7700355	Não encontrado	Em 3,30 metros o substrato mostrou-se impenetrável ao amostrador
SPT-6	278409	7700199	Não encontrado	Em 4,20 metros o substrato mostrou-se impenetrável ao amostrador
SPT-7	278186	7699846	Não encontrado	Em 3,05 metros o substrato mostrou-se impenetrável ao amostrador



Os dados apresentados nesse tópico, sobretudo, as perfurações em que se atingiram o nível d'água, permitiram a realização de uma estimativa da profundidade média do lençol freático, mesmo que em caráter de noção geral, conforme mostrado na Tabela 2.2.5-4 e, ainda, a elaboração do mapa potenciométrico da AID, conforme descrito no tópico a seguir.

Tabela 2.2.5-4: Estatística descritiva para os dados de profundidade de nível d'água.

Profundidade do Nível d'água (m)	
Mínimo	1,00
Máximo	6,40
Média	4,25

- Mapa Potenciométrico (Carta Hídrica)

Por definição o mapa potenciométrico é a representação cartográfica que consiste na distribuição dos potenciais hidráulicos (cotas do nível d'água) de um aquífero, permitindo caracterizar a configuração das linhas piezométricas ou equipotenciais e, conseqüentemente, a definição da direção do vetor de fluxo hídrico da água subterrânea na região analisada.

Em cada ponto de sua extensão, o lençol freático de uma determinada área apresenta um valor diferenciado para o potencial hidráulico. Conhecendo-se o nível piezométrico em vários pontos desse lençol podem-se construir mapas de isopotencial hidráulico, denominados Mapas Potenciométricos, Mapas Hidrogeológicos, Mapas Piezométricos, ou, ainda, Cartas Hídricas, que representam a forma e a elevação de uma superfície piezométrica.

O traçado dos mapas potenciométricos é realizado à semelhança dos mapas topográficos de superfície, onde as curvas de nível correspondem as isopiezas ou linhas equipotenciais, com algumas suavizações. Para o seu traçado utilizam-se técnicas de interpolação e correlação com pontos altimétricos, e a equidistância das isopiezas é definida em função da quantidade de informações disponíveis, escala utilizada no mapeamento, precisão da base cartográfica e objetivos do trabalho, dentre outros. Uma vez delineadas as equipotenciais, o sentido do fluxo do lençol freático, que é sempre ortogonal a essas, passa a ser conhecido.

A partir de mapas potenciométricos é possível estabelecer o padrão do fluxo do lençol freático, determinar os limites e divisores de uma bacia hidrogeológica, definir os gradientes hidráulicos, as áreas de recarga e descarga, estimar as perdas de carga e outros parâmetros. O padrão do fluxo expressa o comportamento geral do escoamento do lençol freático.

As extremidades laterais de uma determinada área, a partir das quais os fluxos não mais se direcionam para o interior, definem os limites externos da bacia hidrogeológica. Esses limites são eixos ao longo dos quais as cargas hidráulicas são máximas, relativamente às áreas adjacentes. Se ao longo destes eixos os fluxos são divergentes, então esses correspondem a um divisor de águas do lençol freático.

Normalmente, as áreas de máximo potencial hidráulico se relacionam às áreas de recarga, ou seja, são porções do terreno onde ocorre a alimentação do aquífero pela infiltração das águas de superfície. Por outro lado, as zonas ou regiões de menor carga hidráulica correspondem às áreas de descarga, para as quais convergem as linhas de fluxo. Essas áreas podem estar associadas aos elementos de drenagem superficial (rios, fontes, lagos) ou a elementos de drenagem artificial ou profunda dos maciços rochosos, tais como drenos de obras civis, escavações subterrâneas, cavernas de calcário, etc.

Além desses elementos, os mapas piezométricos evidenciam as zonas de concentração de fluxo, que são eixos de drenagens subterrâneas, passagens entre zonas de diferentes permeabilidades e outros.

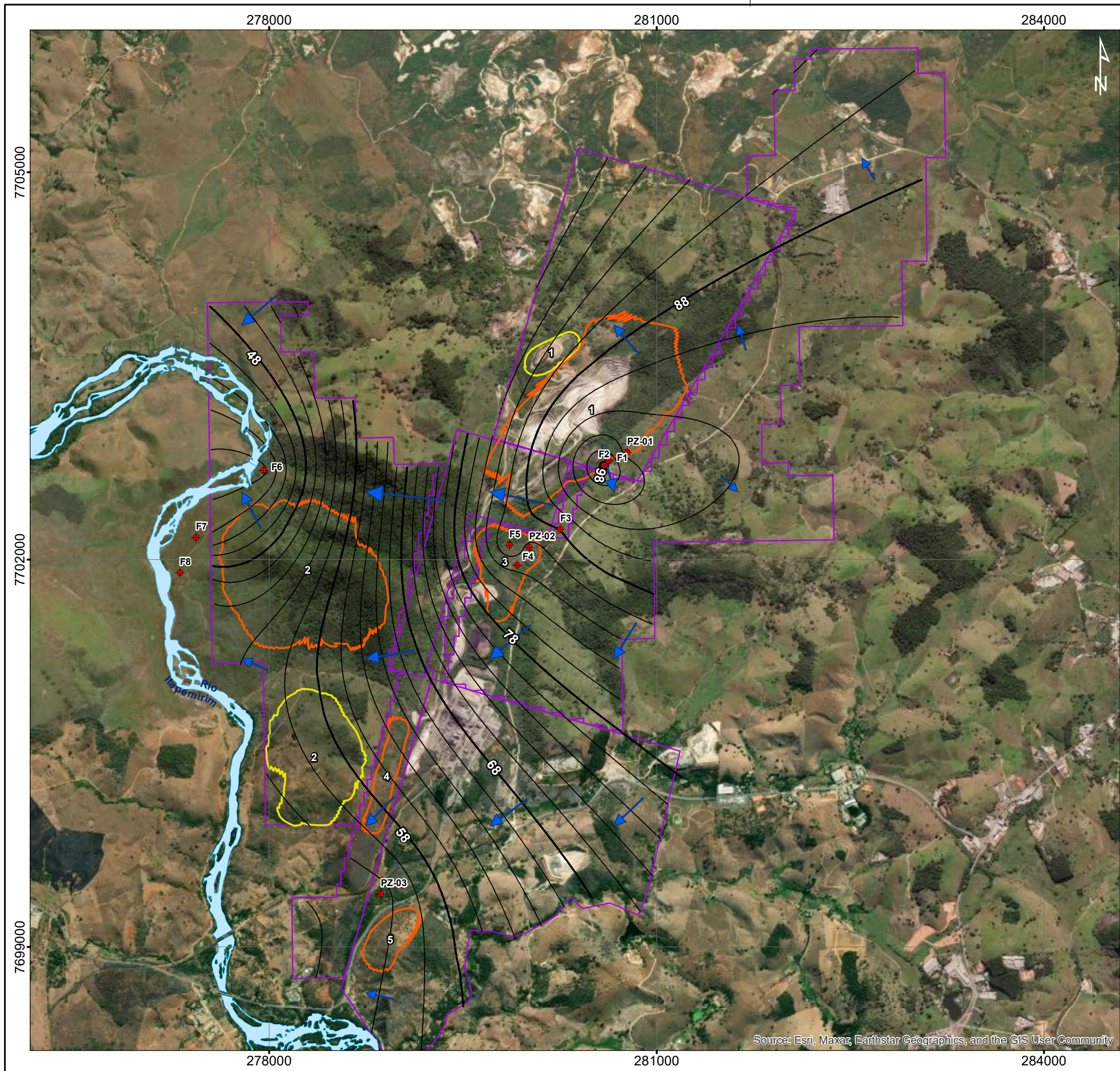
Os mecanismos de equilíbrio desta superfície são extremamente complexos, sendo condicionados pelo equilíbrio hidrostático, que pode ser influenciado pelos tipos de sedimentos presentes, fluxos eventuais e transientes, recargas locais e externas, oscilação da maré, entre outros fatores.

O sentido de percolação de um fluido em meio granular apresenta-se predominantemente vertical até que este atinja o lençol freático e, a partir desse momento, o fluido adota direções condicionadas pelo gradiente hidráulico do meio.

Neste trabalho, pôde-se contar com dados retirados de trabalhos realizados anteriormente pelo empreendimento. Os dados de nível d'água subterrânea foram obtidos dos relatórios das perfurações de 03 poços de monitoramento (piezômetros) e de 07 furos de sondagens a trado realizados com o intuito de se investigar a profundidade do nível d'água em vários pontos da AID e ADA.

Com isso, foi possível trabalhar com um banco de dados contando com 10 pontos (poços piezométricos e furos de sondagens) com dados de nível d'água subterrânea.

Conhecidas as altimetrias e os desníveis relativos entre os níveis freáticos desses 10 pontos e seu posicionamento planimétrico, conforme exposto anteriormente nas Tabelas 2.2.5-1 e 2.2.5-2, foram lançados sobre a base cartográfica, e, por interpolação de valores das altimetrias dos NAs e correlação dessas com as altitudes da superfície topográfica, foi possível o traçado das linhas equipotenciais e a definição das direções do fluxo subterrâneo para a área objeto, constituindo-se no Mapa Potenciométrico do aquífero livre e raso (lençol freático) da área pela Figura 2.2.5-7 a seguir.



Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

LOCALIZAÇÃO



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

Rio Itapemirim

LEGENDA

- Piezômetro/Furo de Trado
- Isolinha de Carga Hidráulica
- Linha de Fluxo
- Poligonais ANM
- Área de Mineração/Cava
- Depósito Controlado de Esteril (DCE)

Escala Gráfica: 0 150 300 600 900 m
Projeção: Universal Transversa de Mercator
Sistema de Coordenadas Planas
M.C.: -39° WGr. - Datum Horizontal: SIRGAS 2000 - Zona: 24k



CBE
Companhia Brasileira de Equipamento

LICENCIAMENTO AMBIENTAL PARA ATIVIDADE MINERAL DE EXTRAÇÃO DE CALCÁRIO E ARGILA NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM-ES

Figura 2.2.5-10: Mapa Potenciométrico (Carta Hídrica) do Aquífero Livre e Raso Existente na AID do Empreendimento.

Fonte: Carta Topográfica IBGE Castelo e Cachoeiro de Itapemirim; Dados CBE Companhia Brasileira de Equipamento; DNPM.

Elaborado Por: Patrícia R.M.Z. CREA-ES 025490/D Local: Cachoeiro de Itapemirim - ES

Escala Numérica: 1:30.000	Data: Outubro/2023	Revisão: 00	Folha: A3
---------------------------	--------------------	-------------	-----------

Na Figura 2.2.5-10 os pontos em vermelho representam a localização dos 10 pontos (poços piezométricos e furos de sondagens) com dados de nível d'água subterrânea, as linhas contínuas representam as isolinhas de carga hidráulica e as setas em azul representam as linhas de fluxo da água subterrânea.

Pode-se verificar que o sentido de fluxo das águas subterrâneas se dá, predominantemente, para o sudoeste. Cabe ressaltar que essa interpretação é válida para a porção central a inferior do mapa, uma vez que é nessa região que se tem uma maior representatividade de dados de poços de monitoramento/furos de sondagens com dados de nível d'água.

O contrário é verdadeiro para a porção superior do mapa, sobretudo, a porção nordeste da AID, onde não existem dados de nível d'água subterrânea nessa região, tornando assim, a interpretação do sentido do fluxo hídrico muito por conta da interpolação de dados mais distantes, ou seja, gerando uma avaliação menos realista, porém, ainda que de forma preliminar, indicativa da tendência do provável fluxo nessa porção da área.

De modo geral, pode-se observar para a área de estudo que a topografia exerce uma certa influência e controle sobre as direções dos fluxos subterrâneos, que se direcionam para as porções mais baixas do terreno. Conforme se encontra representado no mapa potenciométrico, o sentido geral preferencial do fluxo subterrâneo da área objeto converge para o rio Itapemirim.

Com isso, mostra-se uma relação de água superficial *versus* água subterrânea do tipo rio efluente, que é o caso em que acontece a descarga natural do aquífero para um rio. Nesse caso, o rio Itapemirim atua como rio efluente para o aquífero livre e raso investigado.

- Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Livre e Raso (Lençol freático)

Os 3 (três) poços piezométricos construídos na ADA/AID (PZ-01, PZ-02 e PZ-03), tiveram como objetivo permitir a coleta de amostras de águas subterrâneas para posterior encaminhamento para análises laboratoriais de diversos parâmetros físico-químicos. As características construtivas, bem como a localização desses poços na área de estudo foram apresentadas nos tópicos anteriores.

Sendo assim, as amostras de água subterrânea foram coletadas nos 3 (três) poços piezométricos utilizando métodos padronizados, estabelecidos pela norma ABNT NBR 15.847/2010. As análises foram realizadas em amostras íntegras, sem filtração ou qualquer alteração.

Tanto a coleta das amostras quanto as análises laboratoriais foram realizadas pelo CETAN – Centro Tecnológico de Análises, durante o período de janeiro a fevereiro de 2015. A Figura 2.2.5-8, apresenta imagens da coleta de águas subterrâneas nos poços piezométricos, PZ-01, PZ-02 e PZ-03.



(a)



(b)



(c)

Figura 2.2.5-11: Imagens de coleta de águas subterrâneas nos poços piezométricos PZ-01 (a), PZ-02 (b) e PZ-03 (c).

Os parâmetros analisados e as metodologias utilizadas estão apresentadas nos laudos laboratoriais no Anexo 11. No entanto, os resultados das análises realizadas nas amostras foram evidenciados e dispostos na Tabela 2.2.5-5, onde os mesmos são comparados de acordo com os valores de qualidade da água (VMP – Valor Máximo Permitido) constantes na resolução CONAMA nº 396/08.

A Resolução CONAMA 396/08, que dispõe sobre as diretrizes ambientais para enquadramento das águas subterrâneas, apresenta, dentre outros aspectos, uma listagem de compostos com os respectivos Valores Máximos Permitidos para as águas subterrâneas no Brasil. Foram utilizados os Valores Máximos Permitidos (VMP) desta Resolução CONAMA referentes ao uso preponderante de consumo humano, que é mais conservador e restritivo que os usos preponderantes referentes a dessedentação de animais, irrigação e recreação.

Tabela 2.2.5-5: Resultados analíticos para amostras de água subterrânea coletadas nos Piezômetros PZ-01, PZ-02 e PZ-03.

Parâmetros	Unidade	VMP – CONSUMO HUMANO CONAMA 396/08	PZ-01	PZ-02	PZ-03
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100mL	Ausência em 100mL	Ausência	Ausência	Ausência
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	Ausência em 100mL	Ausência	Ausência	Ausência
Alumínio total	mg/L	0,2	0,03 ± 0,002	0,05 ± 0,0033	0,09 ± 0,0059
Antimônio total	mg/L	0,0005	<0,001	<0,001	<0,001
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Bário total	mg/L	0,7	0,15 ± 0,0097	0,36 ± 0,023	0,24 ± 0,015
Berílio total	mg/L	0,004	<0,001	<0,001	<0,001
Boro total	mg/L	0,5	<0,001	<0,001	<0,001
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cianeto Total	mg/L	0,07	<0,0032	<0,0032	<0,0032
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Cloreto	mg/L	250	25 ± 0,86	34 ± 0,89	52 ± 1,1
Cobre total	mg/L	2	<0,001	<0,001	<0,001
Ferro total	mg/L	0,3	0,09 ± 0,0059	0,10 ± 0,0066	0,08 ± 0,0053
Fluoreto	mg/L	1,5	<0,01	<0,01	<0,01
Manganês total	mg/L	0,1	<0,001	<0,001	<0,001
Mercurio total	mg/L	0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Molibdênio total	mg/L	0,07	<0,001	<0,001	<0,001
Níquel total	mg/L	0,02	<0,001	<0,001	<0,001
Nitrato	mg/L N	10	0,10 ± 0,01	0,15 ± 0,014	0,09 ± 0,009
Nitrito	mg/L N	1	<0,01	<0,01	<0,01
Prata total	mg/L	0,1	<0,001	<0,001	<0,001
Selênio total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Sódio total	mg/L	200	6,35 ± 0,40	5,14 ± 0,33	5,11 ± 0,33
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	1000	400 ± 8,1	300 ± 6,1	394 ± 8
Sulfato	mg/L	250	0,36 ± 0,036	0,41 ± 0,041	0,35 ± 0,035
Urânio total	mg/L	0,015	<0,001	<0,001	<0,001
Vanádio total	mg/L	0,05	<0,001	<0,001	<0,001
Zinco total	mg/L	5	<0,003	<0,003	<0,003
Acrilamida	µg/L	0,5	<0,1	<0,1	<0,1
Benzeno	µg/L	5	<1	<1	<1
Benzo(a)Antraceno	µg/L	0,05	<0,04	<0,04	<0,04
Benzo(k)Fluoranteno	µg/L	0,05	<0,04	<0,04	<0,04
Benzo(a)pireno	µg/L	0,05	<0,04	<0,04	<0,04
Cloreto de Vinila	µg/L	5	<0,1	<0,1	<0,1
Clorofórmio	µg/L	200	<0,1	<0,1	<0,1
Criseno	µg/L	0,05	<0,04	<0,04	<0,04
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	1000	<0,1	<0,1	<0,1
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	300	<0,1	<0,1	<0,1
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	<0,1	<0,1	<0,1
1,1-Dicloroetano	µg/L	30	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)Antraceno	µg/L	0,05	<0,04	<0,04	<0,04
Diclorometano (Cloreto de Metileno)	µg/L	20	<0,1	<0,1	<0,1
Estireno	µg/L	20	<0,1	<0,1	<0,1
Etilbenzeno	µg/L	200	<1	<1	<1
Fenol total	µg/L	3	<0,42	<0,42	<0,42
Indeno[1,2,3-cd]Pireno	µg/L	0,05	<0,04	<0,04	<0,04
PCBs (Bifenilas Policloradas)	µg/Kg	0,5	<0,1	<0,1	<0,1
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1
Tetracloroetano	µg/L	40	<0,1	<0,1	<0,1

Tabela 2.2.5-5: Resultados analíticos para amostras de água subterrânea coletadas nos Piezômetros PZ-01, PZ-02 e PZ-03. Continuação.

Parâmetros	Unidade	VMP – CONSUMO HUMANO CONAMA 396/08	PZ-01	PZ-02	PZ-03
Triclorobenzenos	µg/L	20	<0,1	<0,1	<0,1
Tricloroeteno	µg/L	70	<0,1	<0,1	<0,1
Tolueno	µg/L	170	<1	<1	<1
(o+m+p)-Xilenos	µg/L	300	<1	<1	<1
Cromo Trivalente (III)	mg/L	--	<0,048	<0,048	<0,048
Cromo Hexavalente (VI)	mg/L	--	<0,052	<0,052	<0,052
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	500*	560 ± 11	440 ± 8,9	650 ± 15
Alcalinidade total	mg/L CaCO ₃	--	33,8 ± 0,34	30,0 ± 0,32	37,5 ± 0,36
pH	--	6 a 9	7,0	7,0	7,0
Temperatura da Amostra (medida em campo)	°C	--	26,3 ± 0,80	24,1 ± 0,80	25,6 ± 0,80
Condutividade	µS/cm	--	597 ± 5,5	445 ± 4,1	582 ± 5,4
Benzo(b)Fluoranteno	µg/L	--	<0,04	<0,04	<0,04

* VMP - Portaria de Consolidação MS nº 5, de 28/09/2017, para águas de abastecimento público.

A partir desses resultados, sobretudo, os valores dos parâmetros sólidos totais dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes, realizou-se a classificação e o enquadramento das águas subterrâneas de acordo com as diretrizes e parâmetros mínimos obrigatórios da Resolução CONAMA nº 396/2008, para águas subterrâneas destinadas ao uso concomitante para consumo humano, dessedentação, irrigação e recreação. A classificação realizada com os valores de cada poço segue apresentada na Tabela 2.2.5-6.

Tabela 2.2.5-6: Classificação das águas subterrâneas dos 03 poços piezométricos, segundo os parâmetros mínimos da Resolução CONAMA nº 396/2008.

Poço	Classificação por parâmetro com base nos VRQs			Enquadramento Final
	STD (mg/L)	Coliformes termotolerantes Presença/ausência	Nitrato (mg/L)	
PZ-01	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
PZ-02	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
PZ-03	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1

Nota: STD – sólidos totais dissolvidos; VRQ – valor de referência de qualidade

A classificação realizada enquadrou a água dos 3 (três) poços piezométricos em classe 1. Águas de classe 1 não devem apresentar contagem de coliformes termotolerantes em 100 mL para águas destinadas a consumo humano, assim como, com relação à concentração de nitrato e STD, a Resolução CONAMA nº 396/2008 estabelece como classe 1, águas com VRQ < a 10 mg/L e VRQ < a 1000 mg/L, respectivamente.

Cabe destacar ainda, que todos os demais parâmetros apresentaram valores abaixo do VMP da Resolução Conama nº396/08 e/ou da Portaria de Consolidação nº 05/2017, quando comparados aos valores máximos permitidos para o uso de consumo humano.

Aquífero Profundo

As águas subterrâneas profundas estão distribuídas no Sistema Aquífero Cristalino (SAC), que ocorre em rochas predominantemente ígneas e metamórficas (rochas cristalinas fraturadas) representadas frequentemente por gnaisses e granitoides. Para uma contextualização mais local, o empreendimento ainda possui poucos dados referentes ao aquífero profundo. Para o estudo em questão, pôde-se utilizar 2 estudos geofísicos e dados de 01 (um) poço tubular profundo, construído pela Itabira Agro Industrial S.A., situado na AID.

Os estudos geofísicos permitem uma investigação de campo que auxilia muito na definição do perfil geológico do terreno, identificando os diferentes tipos de solo e rocha, muito empregado na definição ou mapeamento de águas subterrâneas existentes nas camadas permeáveis de alguns solos e rochas.

Conforme mencionado, foram realizados dois estudos geofísicos. Esses estudos foram realizados por empresas diferentes e em períodos diferentes e tiveram como objetivo verificar a existência de pontos mais favoráveis para a perfuração de poços tubulares.

O primeiro estudo geofísico foi realizado pela empresa Poço Fundo Perfurações em 2015 em atendimento a uma demanda da Itabira Agro Industrial S.A. Foi com base nesse levantamento geofísico que se construiu o poço tubular profundo da Itabira Agro Industrial S.A., situado na AID e denominado aqui, para esse estudo, de PP-01. Poço situado próximo à guarita do posto de combustíveis e localizado nas coordenadas UTM 279.470 mE/7.700.322 mN.

O segundo levantamento geofísico foi realizado pela empresa Hidropoços em fevereiro de 2022 (Anexo 13). Esse estudo recente aponta alguns pontos favoráveis à perfuração de poços profundos. Porém, ainda não foram construídos novos poços profundos.

Sendo assim, os dados hidrodinâmicos representativos para o aquífero profundo da AID/ADA foram obtidos a partir do relatório técnico construtivo do PP-01, que é o único poço profundo existente. Esse poço encontra-se devidamente cadastrado na AGERH, órgão que emitiu a Declaração de Uso de Água Subterrânea nº0371/2018. Algumas informações técnicas referente ao PP-01 são apresentadas a seguir:

Tabela 2.2.5-8: Informações referentes ao poço tubular profundo PP-01.

Informações técnicas	Profundidade	140 m
	Diâmetro da Perfuração	12" em sedimento e 6" em rocha
	Tubo	Tubo Geomecânico
	Tipo de Rocha	Rocha Cristalina
Dados Alcançados através do Teste de Bombeamento Contínuo	Vazão	39,6 m³/h
	Nível Estático	05 metros
	Nível Dinâmico	07 metros
	Data Início	02/09/2015
	Data do Término	02/10/2015

Tabela 2.2.5-8: Informações referentes ao poço tubular profundo PP-01. Continuação.

Instalação	Conjunto Submerso	Motobomba EBARA BHS670S-09, 35HP 380v
	Quadro de Comando	Quadro de Comando com partida Soft Starter, 35HP 380 V
	Tubulação Edutora	Tubo UPVC Heavy Reforçado
	Cavalete Industrial	Cavalete industrial com válvulas e conexões

Com relação à litologia, a perfuração se deu em material sedimentar, argilo-arenoso, até a profundidade de 6 metros, onde atingiu a rocha cristalina. Dos 6 metros até 140 metros de profundidade, a perfuração se deu em rocha sã de origem metamórfica classificada como mármore calcítico de coloração esbranquiçada.

Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Profundo

A análise da qualidade das águas subterrâneas do aquífero profundo teve como base o resultado de duas análises físico-química realizadas no PP-01.

As coletas das amostras de água e a análise físico-química foram realizadas em diferentes anos e laboratórios. A amostra 1 foi coletada e analisada pelo Laboratório de Controle de Qualidade de Águas e Efluentes da ODEBRECHT Ambiental, no mês de janeiro de 2016. Já a amostra 2 foi coletada e analisada pelo laboratório da Tommasi Ambiental, realizado no mês de março de 2019. É válido ressaltar que ambos os laboratórios realizaram os trâmites de coleta a análise em conformidade com o estabelecido pela Instrução Normativa do IEMA nº 09/2009.

Os parâmetros analisados e as metodologias utilizadas estão apresentadas nos laudos laboratoriais no Anexo 12 Os resultados das análises realizadas nas amostras 1 e 2 foram evidenciados e dispostos na Tabela 2.2.5-8, onde os mesmos são comparados de acordo com os valores de qualidade da água (VMP – Valor Máximo Permitido) constantes na resolução CONAMA nº 396/08.

Tabela 2.2.5-8. Resultados analíticos para amostras de água subterrânea coletadas no poço tubular profundo PP-01.

Parâmetros	Unidade	VMP – CONSUMO HUMANO CONAMA 396/08	Amostra 1	Amostra 2
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	Ausência em 100mL	2	Ausência
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	Ausência em 100mL	866	Presença
Alumínio total	mg/L	0,2	<0,001	-
Cloreto total	mg/L	250	8,7	41
Ferro total	mg/L	0,3	0,01	<0,01
Fluoreto total	mg/L	1,5	0,17	<0,4
Manganês total	mg/L	0,1	<0,1	0,014
Nitrato	mg/L N	10	<0,1	0,9
Nitrito	mg/L N	1	0,026	0,02
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	1000	-	531
Sulfato total	mg/L	250	-	136,1

Tabela 2.2.5-8. Resultados analíticos para amostras de água subterrânea coletadas no poço tubular profundo PP-01. Continuação.

Parâmetros	Unidade	VMP – CONSUMO HUMANO CONAMA 396/08	Amostra 1	Amostra 2
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	500*	366	394
Alcalinidade total	mg/L CaCO ₃	--	185	185
pH	--	6 a 9*	6,47	7,51
Temperatura da Amostra (medida em campo)	°C	--	26,5	26,0
Condutividade	µS/cm	--	-	1024

* VMP - Portaria de Consolidação MS nº 5, de 28/09/2017, para águas de abastecimento público.

Esses resultados mostram que os parâmetros analisados apresentaram valores abaixo do VMP da Resolução Conama nº396/08 e/ou da Portaria de Consolidação nº 05/2017, quando comparados aos valores máximos permitidos para o uso de consumo humano, exceto, para os parâmetros coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*.

A presença de coliformes totais foi verificada nas duas amostras de águas coletadas no PP-01. Quanto a presença de *Escherichia coli*, esta não foi encontrada na amostra 2.

A classificação e o enquadramento das águas subterrâneas realizada em cada amostra, separadamente, foi realizada a partir desses resultados, sobretudo, os valores dos parâmetros sólidos totais dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes. A classificação realizada com os valores de cada amostra segue apresentada na Tabela 2.2.5-9.

Tabela 2.2.5-9: Classificação das águas subterrâneas das amostras 1 e 2, segundo os parâmetros mínimos da Resolução CONAMA nº 396/2008.

Poço	Classificação por parâmetro com base nos VRQs			Enquadramento Final
	STD (mg/L)	Coliformes termotolerantes Presença/ausência	Nitrato (mg/L)	
Amostra 1	--	Classe 4	Classe 1	Classe 4
Amostra 2	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 4

Nota: STD – sólidos totais dissolvidos; VRQ – valor de referência de qualidade

O parâmetro determinante para classificação final das águas foram os coliformes termotolerantes, uma vez que segundo a Resolução CONAMA nº 396/2.008, águas de classe 1 a 3 não devem apresentar contagem de coliformes termotolerantes em 100 mL. E ainda, que a classe 4 enquadram as águas com presença de até 4000 número mais provável por 100ml de amostra (NMP 100 mL⁻¹).

Segundo a Resolução CONAMA nº 396/2.008, a classe 4 representa águas de aquíferos com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo, tais como recreação, irrigação e dessedentação de animais. No entanto, para consumo humano e industrial, essas águas precisam ser submetidas a processos de desinfecção para eliminação de coliformes totais e *E. coli*.

◆ CONCLUSÃO

Um panorama geral das águas subterrâneas foi apresentado, tanto para a AID e ADA, quanto para a AI, sobretudo, quanto ao que foi mostrado sobre os aquíferos mediante a contextualização em nível regional. Uma análise em nível de escala local, também foi realizada, sendo que está reflete mais a realidade da AID. Essa avaliação levou em consideração estudos de cunho hidrogeológicos realizados pela Companhia Brasileira de Equipamentos (CBE). Pôde-se aqui, fazer algumas análises de aspectos quantitativos e qualitativos dos aquíferos livre e raso (lençol freático) e profundo.