
IMPLANTAÇÃO DO PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE SÃO MANOEL

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

RELATÓRIO CONSOLIDADO

Relatório Consolidado, referente ao Acompanhamento do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas da Fase de Instalação. Período: de agosto/2014 a dezembro/2016. Licença de Instalação - LI nº. 1017/2014 – IBAMA Processo n. 02001.004420/2007-65

FEVEREIRO - 2017

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO, ACOMPANHAMENTO E GESTÃO DO PROGRAMA			
Nome	Cargo	CTF	Assinatura
Keila C F Oliveira	Eng. Hídrica, M.Sc.	6190874	<i>Keila C.F. Oliveira</i>
Tatiana Pilachevsky	Geógrafa, M.Sc.	5531743	<i>Tatiana Pilachevsky</i>
Luciana Cabral Nunes	Geóloga, M.Sc.	5287039	<i>Luciana Nunes</i>
Afonso E. de Vasconcelos Lopes	Geofísico, D.Sc.	5286995	<i>Afonso E. de Vasconcelos</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. ATIVIDADES REALIZADAS NO PERÍODO	8
3. ATENDIMENTO AS METAS E INDICADORES DO PROGRAMA	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4.1. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	10
4.2. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA	14
4.3. MAPEAMENTO HIDROGEOLÓGICO	15
4.4. REDE DE MONITORAMENTO IMPLANTADA e INVENTÁRIO COMPLEMENTAR	18
4.5. CAMPANHAS DE MONITORAMENTO	23
5. JUSTIFICATIVAS (ANÁLISES DE CONFORMIDADE).....	55
6. CRONOGRAMA – PREVISTO E EXECUTADO	55
7. PROPOSTA DE CONTINUIDADE – fase de operação.....	57
8. REFERÊNCIAS	59
9. ANEXOS.....	61

LISTAS DE FIGURAS

Figura - 1: Cisterna catalogada na campanha de agosto de 2015.

Figura - 2: Condições da cisterna na campanha de maio de 2016.

Figura - 3: Valores de nível d'água nos 13 piezômetros instalados para a execução do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas da UHE São Manoel. Nos valores apresentados já estão descontados a altura da mureta de proteção dos poços.

Figura - 4: Amostragem de água com o amostrador do tipo bailer e medição do Nível d'água.

Figura - 5: pH das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (LM) Limite mínimo (MS 2914/11); (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11).

Figura - 6: Condutividade elétrica das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 7: Potencial redox das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 8: Sólidos dissolvidos totais (SDT) das águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/2011 e CONAMA 396/2011).

Figura - 9: Turbidez das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11).

Figura - 10: Cor verdadeira das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 11: Alcalinidade das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 12: Cloreto das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11 e CONAMA 396/08).

Figura - 13: Dureza total das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11).

Figura - 14: Nitrogênio amoniacal das águas subterrâneas referente às oito campanhas para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (CONAMA 357/05).

Figura - 15: Nitrogênio Kjeldahl total das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 16: Sulfato das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11 e CONAMA 396/08).

Figura - 17: Oxigênio dissolvido das águas subterrâneas referente à sete das oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 18: Fluoreto das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 19: Nitrato das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 20: Nitrito das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 21: Concentrações de alumínio dissolvido nas águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11 e CONAMA 396/08).

Figura - 22: Concentrações de cálcio nas águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 23: Concentrações de chumbo nas águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (Portaria MSno 2914/11 e Resolução CONAMA no 396/08).

Figura - 24: Concentrações de cobre nas águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (Portaria MS no 2914/11 e Resolução CONAMA no 396/08).

Figura - 25: Concentrações de cromo dissolvido nas águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (Portaria MS no 2914/11 e Resolução CONAMA no 396/08).

Figura - 26: Concentrações de ferro dissolvido das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11 e CONAMA 396/08).

Figura - 27: Concentrações de manganês total das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11 e CONAMA 396/08).

Figura - 28: Concentrações de níquel das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (Portaria MS no 2914/11 e Resolução CONAMA no 396/08).

Figura - 29: Concentrações Potássio das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 30: Concentração de sódio das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Figura - 31: Concentração de coliformes totais das águas subterrâneas referente a oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

LISTA DE QUADROS

Quadro - 1: *Status* de atendimento dos objetivos

Quadro - 2: *Status* das metas e indicadores do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas.

Quadro - 3: Localização e características gerais dos piezômetros e poços instalados para o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas. Profundidade (m) considera o topo do terreno.

LISTA DE TABELAS

Tabela - 1: Medidas de nível d'água nos piezômetros. Nesses valores já estão descontadas a altura da mureta de proteção dos poços.

Tabela - 2: Valores medidos pela sonda multiparâmetro.

Tabela - 3: Concentrações de alumínio dissolvido das águas subterrâneas referentes a oito campanhas amostral para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Tabela - 4: Concentrações de chumbo das águas subterrâneas referentes a oito campanhas amostral para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Tabela - 5: Concentrações de ferro dissolvido das águas subterrâneas referentes a oito campanhas amostral para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Tabela - 6: Concentrações de manganês total das águas subterrâneas referentes a oito campanhas amostral para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

LISTA DE MAPAS

Mapa - 1: Geológico da UHE São Manoel. Fonte: CPRM, 2013.

Mapa - 2: Hidrogeológico da UHE São Manoel (adaptado de BONFIM et al., 2006).

Mapa - 3: Disposição dos PZ e PM na AID da UHE São Manoel.

Mapa - 4: Localização dos poços de monitoramento no canteiro de obras.

Mapa - 5: Mapa Potenciométrico da Área de Influência da UHE São Manoel (Período chuvoso). A legenda de cores indica a profundidade do nível freático a partir da superfície do terreno.

Mapa - 6: Mapa Potenciométrico da Área de Influência da UHE São Manoel (Período seco). A legenda de cores indica a profundidade do nível freático a partir da superfície do terreno.

1. INTRODUÇÃO

Este relatório visa consolidar os resultados obtidos no âmbito do “Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas” entre os meses de outubro de 2014 e dezembro de 2016.

O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, que consta do Plano Básico Ambiental (PBA) da UHE São Manoel, tem como objetivo monitorar o nível freático dos aquíferos livres e a qualidade da água subterrânea na área de influência direta (AID) do empreendimento, de forma a avaliar as variações no entorno do reservatório, antes, durante e após o seu enchimento.

A implantação deste programa está sendo executada pela empresa VERACRUZ Soluções Geofísicas e Geológicas Ltda., contratada pela Empresa de Energia São Manoel – EESM para realizar diagnóstico sobre os efeitos da elevação do lençol freático na Área de Influência Direta (AID) da UHE São Manoel, que está sendo implantada em torno das coordenadas geográficas 09°11’32”(S) e 57°03’13”(O), no rio Teles Pires, nos estados de Mato Grosso e Pará.

2. ATIVIDADES REALIZADAS NO PERÍODO

A implantação do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas teve início em **outubro de 2014**, com a primeira vistoria de campo para o reconhecimento da área, realizada nas áreas de inspeção propostas no PBA. Nesta etapa também foi realizada revisão bibliográfica sobre as formações geológicas que ocorrem na região, suas principais características de gênese, composição e potencial de circulação e armazenamento de água.

Nos meses de **novembro e dezembro de 2014**, foram selecionados os locais para a instalação dos piezômetros e foi feita compra dos equipamentos e a preparação da logística para a perfuração dos locais selecionados.

A implantação dos piezômetros teve início nos meses de **janeiro e fevereiro de 2015**, tendo sido realizadas as sondagens, e a primeira campanha de medição de nível e coleta de água para análises laboratoriais nos piezômetros já finalizados.

A partir da instalação de 10 dos 13 piezômetros, concluídos no mês de **março de 2015**, as coletas de amostras de água e medições do nível d’água, iniciadas no mês de fevereiro, foram concluídas. Em **junho de 2015** foi finalizada a perfuração dos 13 poços de monitoramento, sendo 8 (oito) piezômetros e 5 (cinco) poços de monitoramento de nível e de qualidade da água. Houve um atraso

no cronograma previsto, pois os locais escolhidos inicialmente não eram favoráveis para a perfuração e para a realização do monitoramento.

A partir de **agosto de 2015**, com os 13 poços instalados, foram feitas as coletas de amostras de água e medições do nível d'água trimestralmente, conforme previsto no Programa. Desde **fevereiro de 2015** até o momento foram realizadas 9 (nove) campanhas de medição de nível d'água e 8 (oito) campanhas de coletas de amostras de água para monitoramento da qualidade.

3. ATENDIMENTO AS METAS E INDICADORES DO PROGRAMA

Os objetivos do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, bem como o status de seu atendimento são apresentadas no **Quadro 1**.

Quadro - 1: Status de atendimento dos objetivos.

OBJETIVOS DO PROGRAMA	STATUS DE ATENDIMENTO
Monitorar o nível freático dos aquíferos livres e a qualidade da água subterrânea na área de influência direta (AID) da UHE São Manoel, de forma a avaliar as variações no entorno do reservatório antes, durante e após seu enchimento e operação.	Em atendimento (Atendido durante os anos de 2015 e 2016)
Instalar a rede de monitoramento dos níveis de água nos aquíferos na área diretamente afetada pelo enchimento e operação do reservatório da UHE São Manoel.	Atendido
Dentre os poços a serem instalados, instalar pelo menos 02 (dois) poços de monitoramento do nível de água e da qualidade da água subterrânea na área do canteiro de obras da UHE São Manoel.	Atendido
Determinar os níveis de referência de água dos aquíferos na fase de implementação do empreendimento aos quais os níveis de água nos aquíferos das áreas diretamente afetadas serão balizados durante as fases de enchimento e operação do reservatório da UHE São Manoel.	Em atendimento
Avaliar a ocorrência de gradientes espaciais e temporais dos níveis de água dos aquíferos na Área de Influência Direta (AID) devido ao enchimento e operação do reservatório da UHE São Manoel fornecendo subsídios para o Programa de Monitoramento das Estabilidades das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos.	Não aplicável no momento
Avaliar a ocorrência de gradientes espaciais e temporais da qualidade da água dos aquíferos na Área de Influência Direta (AID) devido ao enchimento e operação do reservatório da UHE São Manoel ou a possíveis fontes de contaminação, notadamente aquelas relacionadas ao empreendimento.	Não aplicável no momento

As metas estabelecidas para o Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas estão apresentadas no **Quadro 2**.

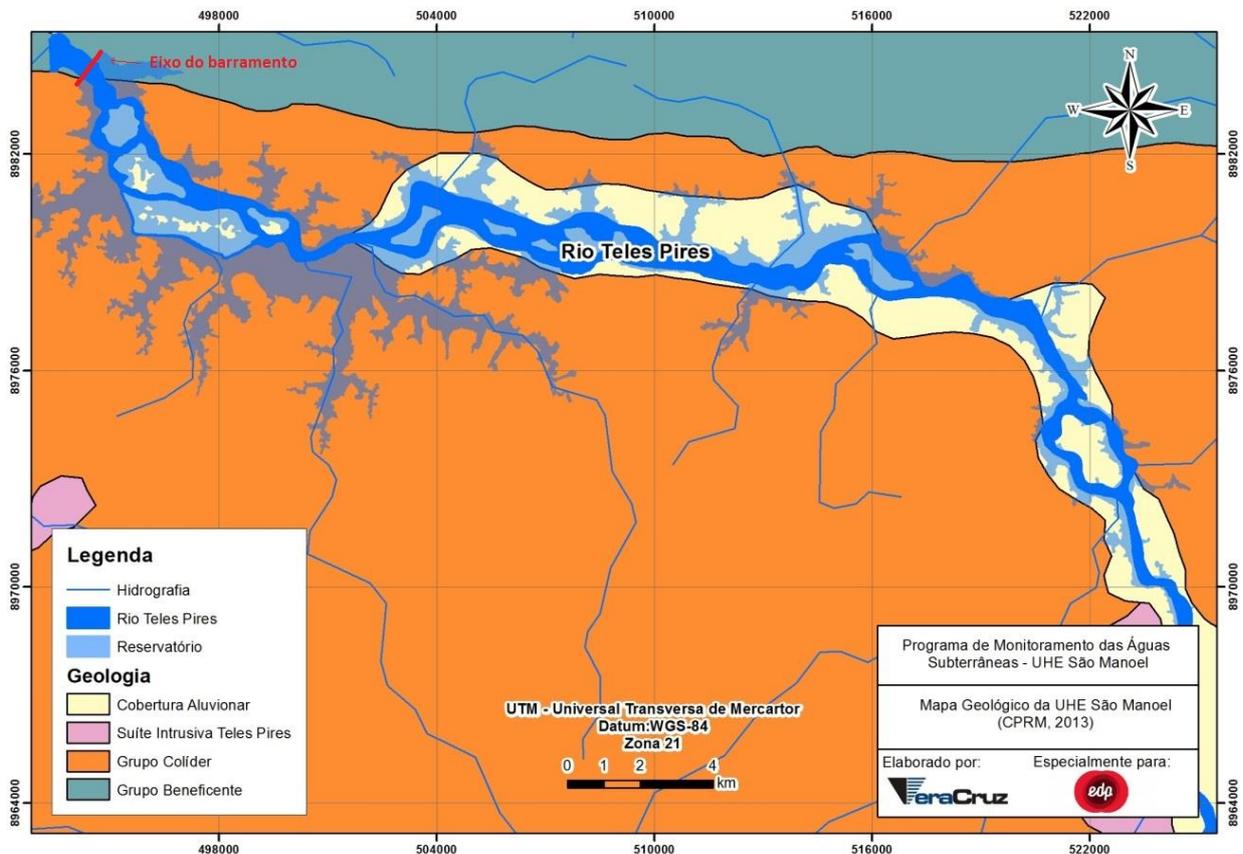
Quadro - 2: Status das metas e indicadores do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas.

METAS	INDICADORES	STATUS DE ATENDIMENTO
Implantação de sete (07) piezômetros e três (03) poços de monitoramento – dez (10) no total a serem instalados.	Número de poços perfurados	Atendido (Instalados 05 poços e 08 piezômetros).
Realização de quatro (04) medições de nível d'água por ano em cada piezômetro/poço instalado - 40 medições por ano.	Número de medições de nível d'água	Em atendimento (Foram realizadas 5 campanhas em 2015 e 4 campanhas em 2016)
Realização de quatro (04) coletas de água subterrânea em cada poço de monitoramento por ano - três (03) poços instalados e dois (02) poços já existentes - 20 amostragens por ano.	Número de amostragens de água subterrânea	Em atendimento (4 campanhas nos 5 poços em 2015 e 4 campanhas nos 5 poços em 2016)
Análise de 100% das variáveis de qualidade de água subterrânea propostas	Número de variáveis analisadas	Atendido (37 variáveis analisadas)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

Na Área de Influência Direta da UHE São Manoel observa-se a presença de quatro formações geológicas: (i) Cobertura Aluvionar; (ii) Suíte Intrusiva Teles Pires; (iii) Grupo Colíder e (iv) Grupo Beneficente, sendo que a representação simplificada é apresentada no **Mapa 1** sendo utilizado como base para os estudos, o Mapa Geológico elaborado pelo CPRM (2013).



Mapa - 1: Mapa Geológico da UHE São Manoel. Fonte: CPRM, 2013.

4.1.1. GRUPO BENEFICENTE

Almeida & Nogueira Filho (1959) denominaram de Grupo Beneficente uma sequência sedimentar, ocorrente na região da Serra do Cachimbo, composta por duas litofácies: uma inferior, quartzítica, aflorando no povoado de Beneficente e uma superior, pelítica. Santiago et al. (1980) propuseram uma estruturação para o Grupo Beneficente denominando de Formação Palmares a unidade proterozóica, e subdividindo em diversas formações os sedimentos paleozóicos.

O Grupo Beneficente é composto basicamente por quatro subdivisões, sendo que: (i) o primeiro é composto por arenitos e arenitos líticos brancos a amarelos claros, com grãos finos a médios, subangulosos e bem selecionados, dispostos sob a forma de estratos e camadas com frequentes estratificações plano-paralelas e cruzadas acanaladas e tabulares. Tais estruturas são comuns em sistemas fluviais entrelaçados, sua porção basal é composta por conglomerados polimíticos, clastos

suportados, com clastos subarredondados a angulosos, de rochas vulcânicas, arenitos e argilitos; (ii) o segundo é composto por pelitos avermelhados onde os argilitos laminados, arenitos finos e arenitos manganésíferos aparecem como lentes ou finas intercalações. Tais rochas pelíticas demonstram em seu manto de alteração solos argilosos avermelhados, em contraposição aos solos arenosos das unidades envolventes; (iii) o terceiro é composto por arenitos finos a médios, com estratificações planoparalelas, cruzadas e localmente apresentando finas intercalações de siltitos e argilitos; e (iv) composto por arenitos claros, de granulação fina a média, com intercalações lenticulares de argilitos e siltitos avermelhados, apresentando estratificações plano-paralelas e cruzadas acanaladas e tabulares.

Conforme Valente (1998), os sedimentos do Grupo Beneficente são cortados por diques básicos datados de 1,3 Ga, o que indica uma idade proterozóica. De maneira geral representam uma sequência marinha de sedimentos detríticos representados por arenitos, arcóseos, siltitos e argilitos vermelhos, com intercalações locais de conglomerados polimíticos. Pode ser encontrado em uma faixa de direção WNW-ESE na porção norte da área onde as camadas apresentam mergulho para NNE. Encontra-se em contato normal ou por falha (transcorrência) com os granitos e rochas vulcânicas da Suíte Colíder.

4.1.2. GRUPO COLÍDER

Constitui uma extensa faixa de rochas vulcânicas ácidas ocorrente na porção centro-norte do Estado de Mato Grosso e extremo sul do Estado do Pará. Este conjunto de rochas vulcânicas félsicas levou alguns geólogos a propor um modelo de derrame fissural.

Neste contexto, as rochas subvulcânicas de composição ácido-intermediária que ocorrem na borda sul da Serra do Cachimbo foram relacionadas por Oliveira & Albuquerque (2005) e Souza et al. (2005) ao Arco Magmático Juruena (idade de 1,85 a 1,75Ga) sob a designação de Suíte Colíder, apresentando idade isocrônica U/Pb variando de 1,80 a 1,77Ga.

Conforme o **Projeto Província Mineral – PROMIN (CPRM)** – Alta Floresta, a Suíte Colíder é caracterizada regionalmente por:

[...] derrames de lavas ácidas riolíticas vitrofíricas e microporfíricas, riodacitos e dacitos, e lavas intermediárias andesíticas, porfíricas, com freqüentes intercalações de depósitos piroclásticos e epiclásticos, tendo como seção tipo, a estrada para a Pedra Formosa, localizada a sul da cidade de Colíder. Ocorre também, intimamente associado a esses derrames, uma fácies transicional, representada por intrusões muito rasas, epizonais, formadas de microgranitos,

microquartzomonzonitos, micromonzonitos, porfíricos, encimados às vezes por granófiros e riolitos, riodacitos e dacitos, pófiros, situados em zonas apicais, destituídos de textura de fluxo e sem evidências de derrames, formando extensos pacotes homogêneos (OLIVEIRA & ALBUQUERQUE, 2005).

As rochas vulcânicas ácidas da Suíte Colíder estão estratigraficamente sotopostas às rochas sedimentares do Grupo Beneficente, ocorrentes no extremo norte da área, e estão sobrepostas às rochas graníticas da Suíte Intrusiva Juruena, ocorrentes ao sul, sendo intrudidas pelo Granito Teles Pires nas porções leste e oeste da Área de Estudo.

Nessa região predominam as rochas subvulcânicas representadas por riolitos, riodacitos, dacitos e andesitos, porfíricos, desprovidos de textura de fluxo, dissociados de derrames, dispostos em pacotes homogêneos, geralmente posicionados acima de zonas apicais, ligadas a intrusões rasas, epizonais, formadas por microgranitos, microquartzo monzonitos e micromonzonitos. Em termos tectono-estruturais, a Suíte Colíder está inserida em um domínio rúptil a rúptil-dúctil, caracterizado segundo Oliveira & Albuquerque (2005).

4.1.3.SUÍTE INTRUSIVA TELES PIRES

Silva et al. (1974) designaram de Granito Teles Pires um conjunto de corpos graníticos com estrutura anelar, anorogênicos, condicionados ao ambiente de formação das lavas ácidas encontradas, inicialmente, na região do rio Iriri. Em seguida, Isler et al. (1977) relacionaram esses alcaligranitos ao vulcanismo subsequente ao Evento Transamazônico. Enquanto que Tassinari (1981) atribuiu a estes granitos a idade de 1.600Ma, relacionando-os a um magmatismo subvulcânico pós-tectônico restrito à Província Rio Negro-Juruena.

Dois corpos graníticos na forma de batólitos abrangem parcialmente a AII da UHE São Manoel. Esses batólitos apresentam em superfície uma configuração oval, com eixo maior alongado na direção EW, e afloramentos na forma de lajedos ou em grandes blocos.

Os tipos litológicos encontrados são biotita granito, leucogranito, alcaligranito, com estruturas maciças, homogêneas, de coloração cinza, cinza-avermelhado a vermelho-tijolo, com a granulação mais comum variando entre média a grossa, podendo ocorrer granulação fina. Os cristais aparecem na forma equigranular a porfírica em matriz fina. Ocasionalmente apresentam textura rapakivi (megacristais de feldspato potássico apresentando anel externo de plagioclásio). Podem ocorrer associações com rochas subvulcânicas representadas por microgranitos, granitos finos e granófiros, cinza-rosados a avermelhados, apresentando textura fina a microgranular com estrutura

maciça e homogênea.

Os principais constituintes são megacristais de feldspato potássico, quartzo em cristais xenomórficos e plagioclásio em cristais prismáticos em percentual reduzido. Os minerais máficos também ocorrem em proporções mínimas, tornando essas rochas essencialmente hololeucocráticas, com raras lamelas de biotita, frequentemente alteradas para clorita. Entre os minerais resultantes da alteração hidrotermal, além da clorita, aparecem epidoto, sericita e carbonatos. Os minerais acessórios são representados pela fluorita, zircão, allanita e titanita.

Considerando a compartimentação tectono-estrutural regional, assim como a Suíte Colíder na qual está intrudido, o Granito Teles Pires também está inserido em um domínio rúptil a rúptil-dúctil. Comumente, o Granito Teles Pires se mantém pouco fraturado, enquanto ocorrências contíguas de riolitos da Suíte Colíder apresentam intenso fraturamento.

4.1.4. DEPÓSITOS ALUVIONARES

Nas Áreas de Influência Direta da UHE São Manoel são observados aluviões recentes ao longo das calhas do rio Teles Pires, sendo constituídos por sedimentos arenosos e argilosos, inconsolidados ou parcialmente consolidados, com níveis de cascalhos associados. Sua porção basal é composta por cascalhos, gradando para porções de topo com composição areno argilosa. Os depósitos aluvionares na calha do rio Teles Pires apresentam um grande interesse econômico no que tange a questão garimpeira de metais preciosos especialmente o ouro, por possuir sistemas de depósitos semelhantes ao tipo Placer.

4.2. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Na área da UHE São Manoel encontra-se basicamente a ocorrência de dois tipos de aquíferos: (i) sistema granular poroso; e (ii) sistema fraturado e semifraturado.

4.2.1. SISTEMA AQUÍFERO GRANULAR OU POROSO

Os aquíferos porosos ou granulares são representados pelo manto de alteração das rochas cristalinas, pelos depósitos coluvionares, pelas aluviões do rio Teles Pires e de seus principais afluentes e pelos sedimentos do Grupo Beneficente. Sob o ponto de vista hidrogeológico, este aquífero apresenta uma grande capacidade de acúmulo de reserva e uma baixa capacidade de

transmissão das águas subterrâneas.

A grande importância desta unidade na região está ligada à sua enorme capacidade de reter águas e alimentar, de forma lenta e constante, o sistema aquífero fraturado durante todo o ano, além de colaborar na manutenção das vazões das drenagens superficiais regionais. No que se refere ao uso, pode-se afirmar que as águas subterrâneas do aquífero poroso são insignificantes.

4.2.2.SISTEMA AQUÍFERO FRATURADO

O sistema aquífero fraturado está instalado, preponderantemente, sobre um conjunto de rochas vulcânicas da Suíte Colíder. Completa esse quadro a ocorrência de uma pequena faixa de granitos e microgranitos intrusivos, aflorantes na área de remanso do reservatório, pertencentes à unidade denominada Granito Teles Pires. A unidade aquífera fraturada apresenta a infiltração, o escoamento e a reservação das águas subterrâneas ocorrendo através de fraturas, fendas e diáclases nas rochas cristalinas regionais. Esta característica traz como reflexo uma distribuição heterogênea das zonas de acumulação de água, que variam lateralmente e em profundidade.

A variação se deve ao grau de fraturamento, sendo maior nos planos de fraturas decorrentes da tectônica rúptil. Em profundidade, apresenta uma diminuição rápida da permeabilidade em razão do fechamento das fraturas com o aumento da profundidade, tornando-se raras ou ausentes abaixo de algumas dezenas de metros.

4.3. MAPEAMENTO HIDROGEOLÓGICO

De acordo com Bomfim et al. (2006), a Bacia Hidrográfica do rio Teles Pires é dividida em seis domínios hidrogeológicos, a saber:

- Domínio 1 - Formações Cenozóicas (Aquífero Poroso);
- Domínio 2 - Bacias Sedimentares (Aquífero Poroso);
- Domínio 3 - Poroso / Fissural (Aquífero Misto);
- Domínio 4 - Metassedimentos/Metavulcânicas (Aquífero Fissural);
- Domínio 5 - Vulcânicas (Aquífero Fissural);
- Domínio 6 - Cristalino (Aquífero Fissural).

Os domínios hidrogeológicos estão associados a um conjunto de rochas que compõe três grandes unidades tectonoestruturais existentes na área: o Cráton Amazônico, com faixas móveis paleo a neoproterozóicas e coberturas proterozóicas; a Província Tocantins, representada pela Faixa Paraguai; e as coberturas fanerozóicas relacionadas às bacias do Alto Tapajós, do Parecis e do Paraná, além de sedimentos cenozóicos, aluviões recentes e manto de alteração das rochas regionais (BOMFIM et al., 2006).

Na AID da UHE São Manoel foram identificados quatro domínios hidrogeológicos, especificamente os domínios 1, 3, 5 e 6, que serão descritos a seguir, baseados em Bomfim et al. (2006) e nas observações de campo.

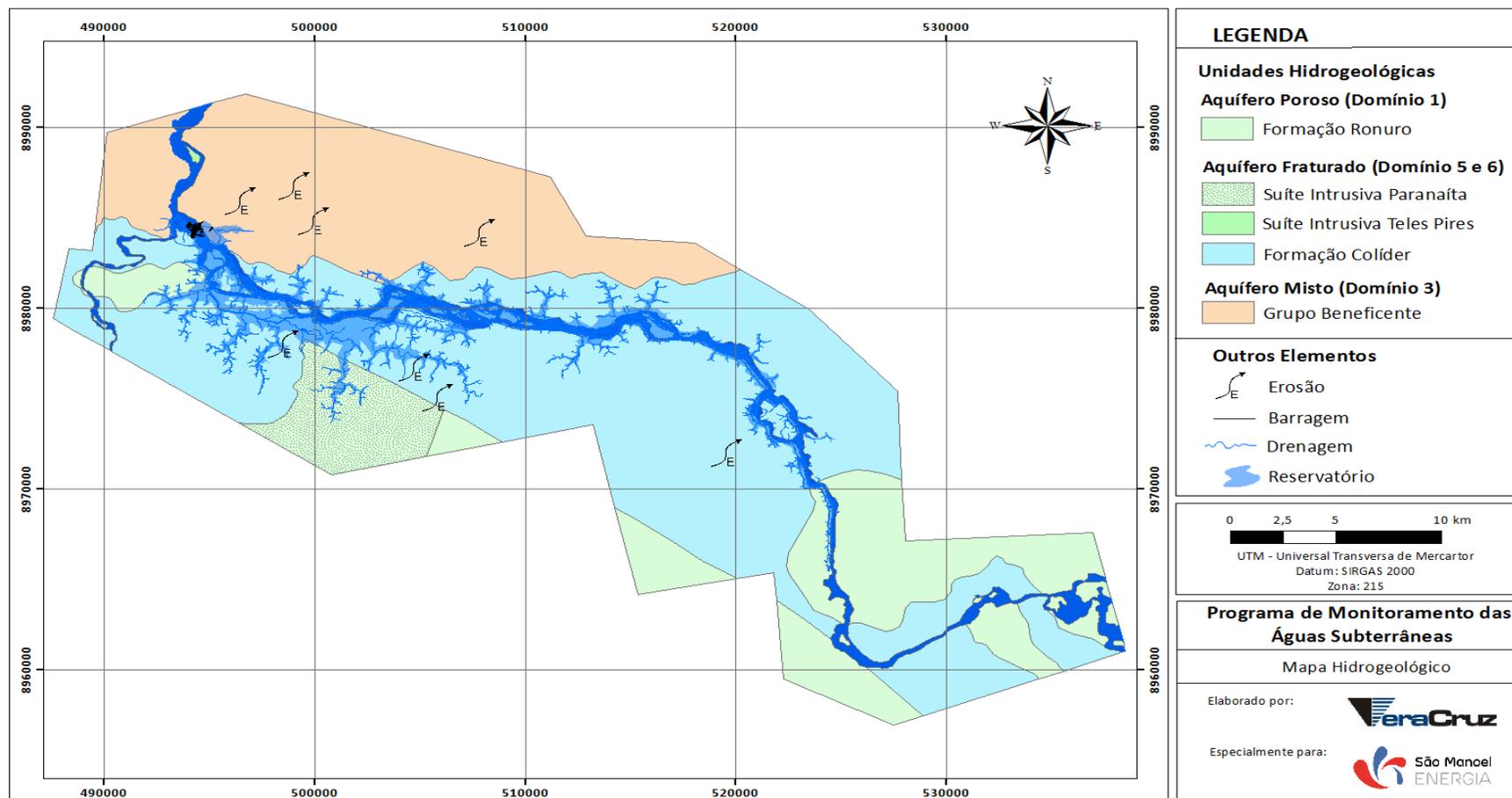
O Domínio 1 compreende aquíferos granulares desenvolvidos em sedimentos de idade cenozóica, como as coberturas detrítico-lateríticas e os depósitos aluvionares que compõem a Formação Ronuro. Desenvolve-se no leito do rio Teles Pires e corresponde a um aquífero poroso que apresenta média a alta favorabilidade para captações de águas subterrâneas.

O Domínio 3 abrange aquíferos formados por arenitos, arcóseos, siltitos e argilitos vermelhos, com intercalações locais de conglomerados polimíticos, litotipos do Grupo Beneficente. Corresponde a um aquífero poroso e fraturado, sendo, portanto, um aquífero misto com maior ocorrência a jusante da barragem. O Domínio Hidrogeológico 3 apresenta permeabilidade relativa média a baixa, com fluxo contínuo, podendo ser localmente descontínuo devido à diferenciação litológica ou à presença de fraturas.

O Domínio 5 é representado na Bacia Hidrográfica do rio Teles Pires por uma sequência de rochas félsicas e depósitos piroclásticos de fluxo, intercalados com derrames intermediários e rochas vulcanoclásticas, pertencentes à Suíte Colíder. Corresponde a um Aquífero Fraturado, sendo o domínio com maior expressão em área na AID de UHE São Manoel. O comportamento hidrodinâmico é livre a semiconfinado e a permeabilidade relativa é média a baixa.

O Domínio 6 é constituído por granitóides, gnaisses, granulitos, migmatitos, corpos básicos e ultrabásicos das seguintes unidades geológicas: Suítes Vitória e Nova Canaã, Intrusivas Básicas Guadalupe, Suítes Intrusivas Matupá, Flor da Serra, Teles Pires, Juruena e Paranaíta, Granitos Apiacás, São Romão, São Pedro e Nhandu, Alcalinas Rio Cristalino e Complexos Nova Monte Verde e Cuiú-Cuiú. Esse domínio é caracterizado pela ausência de porosidade primária, impondo que o fluxo, a alimentação e a descarga das águas subterrâneas estejam associados a fissuras, fraturas, juntas ou ainda às falhas que ocorrem nessas litologias, sendo classificado como um aquífero fraturado. Assim, com base nas descrições de Bonfim et al. (2006) está ilustrado no **Mapa 2** (mapa hidrogeológico da UHE São Manoel).

UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento da Águas Subterrâneas



Mapa - 2: Mapa hidrogeológico da UHE São Manoel (adaptado de BONFIM *et al.*, 2006).

4.4. REDE DE MONITORAMENTO IMPLANTADA E INVENTÁRIO COMPLEMENTAR

Foram instalados, de fevereiro a agosto de 2015, 05 (cinco) poços de monitoramento (PM) de qualidade de água e nível e 08 (oito) piezômetros simples (PZ), conforme dados apresentados no Quadro 3, a seguir. Embora o PBA previsse inicialmente a instalação de 07 (sete) piezômetros para avaliação da variação do nível d'água e 03 (três) poços de monitoramento, tanto para avaliação da variação do nível d'água quanto da qualidade da água subterrânea, observou-se a necessidade de se acrescentar mais 2 poços de monitoramento de qualidade no entorno da área dos canteiros de obras. Ressalta-se, no entanto, que o único poço catalogado na AID do empreendimento ficará submerso após o enchimento do reservatório, e por isso, não está sendo constantemente monitorado.

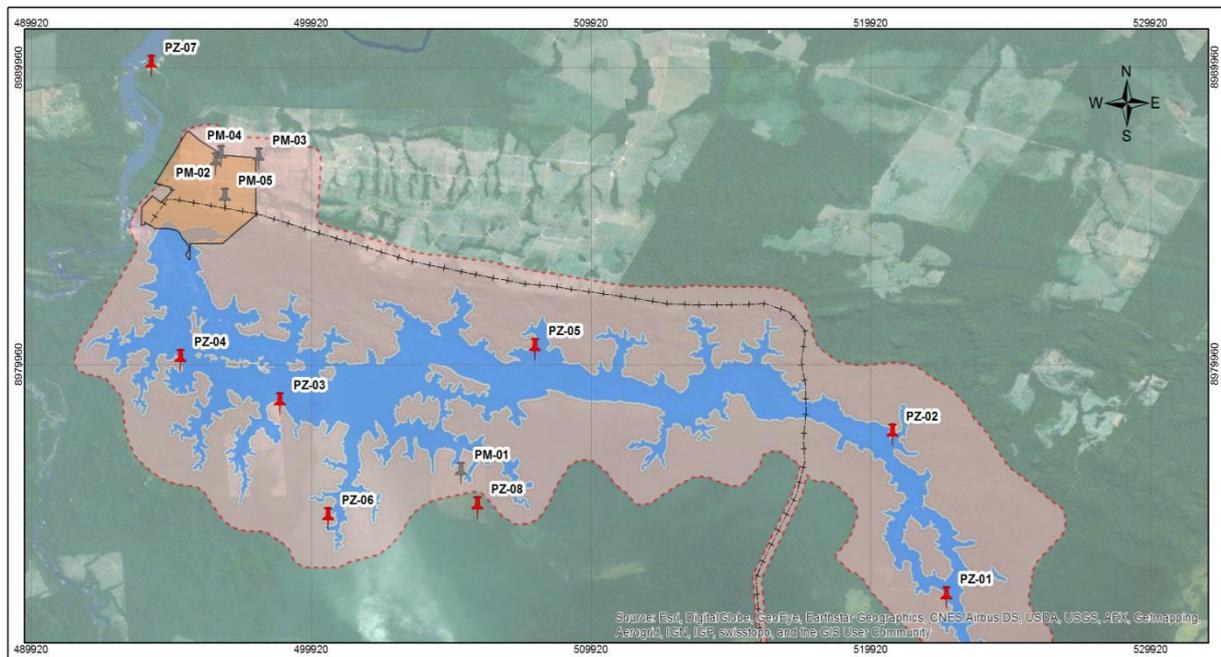
O **Mapa 3** mostra a localização dos piezômetros e poços de monitoramento perfurados para o acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas na AID da UHE São Manoel. O PBA previa que, dentre os poços instalados, pelo menos 02 (dois) poços de monitoramento do nível de água e da qualidade da água subterrânea deveriam estar na área do canteiro de obras, porém, foram instalados 4 poços nessa área, sendo um deles nas proximidades do posto de combustíveis, conforme mostra a **Mapa 4**.

Quadro - 3: Localização e características gerais dos piezômetros e poços instalados para o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas. Profundidade (m) considera o topo do terreno.

PIEZÔMETRO/POÇO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS WGS 84 (21L)		PROFUNDIDADE (M)
		X	Y	
PZ-01	Entrada da pousada Portal do Amazonas	552567	8972104	5,70
PZ-02	Pista de pouso	520681	8977583	7,35
PZ-03	Estrada do porto da Pousada Mantega	498775	8978669	5,60
PZ-04	Margem esquerda do canal: Pousada Mantega	495248	8980106	6,00
PZ-05	Área do Processo 850.614/2007 em fase de autorização de pesquisa, em relevo suave ondulado.	507914	8980460	11,40
PZ-06	Área do Processo 867.404/2010 em fase de autorização de pesquisa, em relevo plano. No local já existe extração de minério de ouro.	500522	8974783	9,20
PZ-07	A jusante do empreendimento, a cerca de 8 km da barragem.	494195	899000	7,47

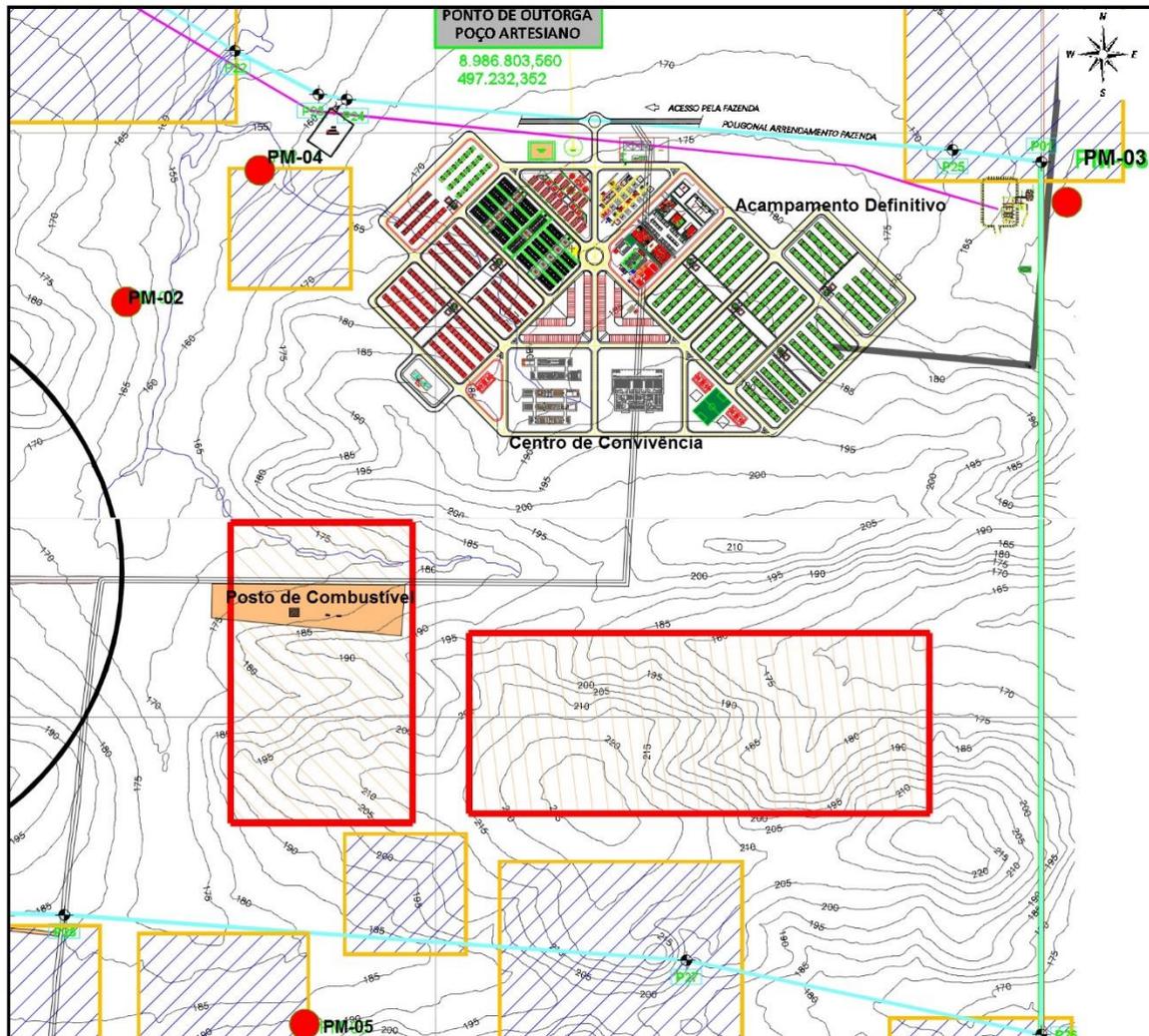
UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

PIEZÔMETRO/POÇO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS WGS 84 (21L)		PROFUNDIDADE (M)
		X	Y	
PZ-08	Estrada para o garimpo do Aragão	505861	8975148	2,80
PM-01	Final da Estrada para garimpo do Aragão	505264	8976301	7,25
PM-02	Aterro sanitário da obra	496495	8986719	4,50
PM-03	Antes da portaria da Obra	498042	8986885	4,70
PM-04	ETE da obra	496694	8986962	9,00
PM-05	Posto de combustível da obra	496825	8985525	6,95



	<p align="center">PARÁ</p> <p align="center">MATO GROSSO</p>	<p>Elaborado por:</p> <p>Especialmente para:</p>	Localização dos Poços na AID da UHE São Manoel		
			<p>LEGENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> Poços de monitoramento (PM) Piezômetro (PZ) 	<p>Outros Elementos</p> <ul style="list-style-type: none"> Linha de transmissão UHE São Manoel AID da UHE São Manoel Canteiro de obras Faixa de APP 	<p>Projeção UTM Datum: SIRGAS 2000 Fuso: 21S</p> <p>Fonte: DNPM (Junho/2016)</p>

Mapa - 3: Disposição dos PZ e PM na AID da UHE São Manoel.



Mapa - 4: Localização dos poços de monitoramento no canteiro de obras (círculos vermelhos).

Os resultados obtidos com as sondagens, tais como perfis de sondagens e as características dos materiais atravessados, já foram apresentados e discutidos no 2º Relatório Semestral em agosto de 2015 e, portanto, não serão rerepresentados no presente relatório.

4.4.1. INVENTÁRIO COMPLEMENTAR

Conforme previsto no Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, o inventário complementar de poços tubulares e cacimbas que pudessem auxiliar no monitoramento do lençol freático da Área de Influência Direta (AID) da UHE São Manoel foi realizado através de inspeções de campo, consultas ao banco de dados da CPRM, e com base em levantamentos já efetuados e catalogados pela UHE Teles Pires. O inventário foi realizado também em atendimento ao solicitado no Parecer PAR 003941-2015-10 COHID/IBAMA.

Para cumprimento desta etapa foram levantadas as informações sobre o uso da água no entorno do futuro reservatório e a jusante do mesmo, bem como de aspectos que pudessem interferir na qualidade do lençol ao longo das fases de implantação e operação da usina, tais como a presença de fossa, criação de animais domésticos e de criação (cães, galinhas, porcos, etc.), cultivos próximos com aplicação de agrotóxicos, entre outros.

Os levantamentos já efetuados e catalogados pela UHE Teles Pires não apontaram nenhum poço ou cacimba na área de interesse.

A vistoria de campo para o cadastramento das cisternas e poços tubulares localizadas na AID da UHE São Manoel ocorreu juntamente com a campanha de agosto de 2015 e foi realizada de forma a complementar o levantamento que já havia sido realizado na fase de elaboração do Programa Ambiental. Nesse levantamento realizado na área de influência do empreendimento, foi identificada uma cisterna localizada nas coordenadas UTM 8.978.858m N e 498.820m E (Datum WGS84, Zona 21), em área de propriedade rural. A cisterna está localizada a cerca de 200 metros do PZ-03, e será inundada após o enchimento do reservatório, por isso, considerou-se desnecessário o monitoramento da mesma.

Ainda assim, o nível d'água da cisterna foi medido em 3 campanhas:

- em agosto de 2015, apresentando 8,38m de profundidade (**Figura 1**);
- em maio de 2016, apresentando 8,14m de profundidade (**Figura 2**);
- em agosto de 2016, apresentando 9,29m de profundidade.



Figura - 1: Cisterna catalogada na campanha de agosto de 2015.



Figura - 2: Condições da cisterna na campanha de maio de 2016.

4.5. CAMPANHAS DE MONITORAMENTO

As campanhas de monitoramento do nível d'água e coleta de amostras das águas subterrâneas ocorrem trimestralmente desde fevereiro de 2015, tendo a campanha de março sido realizada complementarmente para coletar as amostras de água para análise, cumprindo-se desta forma o cronograma do PBA que indica o início das campanhas de monitoramento no primeiro trimestre de 2015.

Desde fevereiro de 2015 até o momento foram realizadas 9 (nove) campanhas de medição de nível d'água e 8 (oito) campanhas de coletas de amostras de água para monitoramento da qualidade.

4.5.1. LEITURAS DE NÍVEL D'ÁGUA

A **Tabela 1** apresenta os resultados das medidas de nível d'água de todas as campanhas realizadas até dezembro de 2016.

Ressalta-se que a tabela fornece os níveis dos piezômetros identificados como PZ-05, 06 e 07 apenas a partir de agosto de 2015, período em que foram instalados.

Tabela - 1: Medidas de nível d'água nos piezômetros. Nesses valores já estão descontadas as alturas das muretas de proteção dos poços.

PIEZÔMETRO	COORDENADA S WGS 1984 (21 L)		N.A. (M)								
			FEV/ 2015	MAR/ 2015	MAI/ 2015	AGO/ 2015	NOV/ 2015	FEV/ 2016	MAI/ 2016	AGO/ 2016	NOV/ 2016
	X	Y									
PM-01	505189	89771	0,6	0,30	5,92	6,98	10,53	5,85	7,66	11,90	9,53
PM-02	496496	89867	1,7	1,73	1,94	2,31	4,57	2,00	2,20	2,40	2,16
PM-03	498092	89869	2,0	1,48	2,23	2,57	3,19	2,71	3,00	2,52	2,42
PM-04	496691	89869	5,2	5,90	5,80	6,68	6,88	6,23	7,05	8,0	6,69
PM-05	496500	89861	2,4	1,93	3,08	6,50	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
PZ-01	552567	89721	3,5	2,62	4,46	5,43	5,65	Seco	Seco	Seco	Seco
PZ-02	494350	89824	5,75	5,32	6,62	7,05	7,30	7,20	Seco	Seco	Seco
PZ-03	498775	89786	2,2	1,70	2,4	3,32	5,68	--	6,1	Seco	7,63
PZ-04	495248	89801	3,5	3,80	3,96	4,56	--	14,76	2,58	4,35	2,63
PZ-05	507908	89804	--	--	--	8,00	11,85	11,95	--	12,3	9,8

UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

PIEZÔMETRO	COORDENADA		N.A. (M)								
	X	Y	FEV/ 2015	MAR/ 2015	MAI/ 2015	AGO/ 2015	NOV/ 2015	FEV/ 2016	MAI/ 2016	AGO/ 2016	NOV/ 2016
	PZ-06	500534	89747	--	--	--	9,05	9,72	Seco	Seco	Seco
PZ-07	494194	89900	--	--	--	5,76	9,00	5,05	6,07	6,07	5,46
PZ-08	505861	89751	0,80	0,40	0,95	1,45	0,63	1,04	1,49	1,49	0,56
Cisterna	498820	89788	*	*	*	8,38	--	--	8,14	9,29	--

-- Medida não realizada (PZ-03, PZ-04 e PZ-05 inacessíveis respectivamente nas campanhas de fevereiro de 2016, novembro de 2015 e maio de 2016); * monitoramento iniciado em agosto/2015.

A partir das medições de nível d'água registradas nas campanhas, foi elaborado gráfico ilustrando a variação dos níveis em cada piezômetro, conforme apresentado na **Figura 3**.

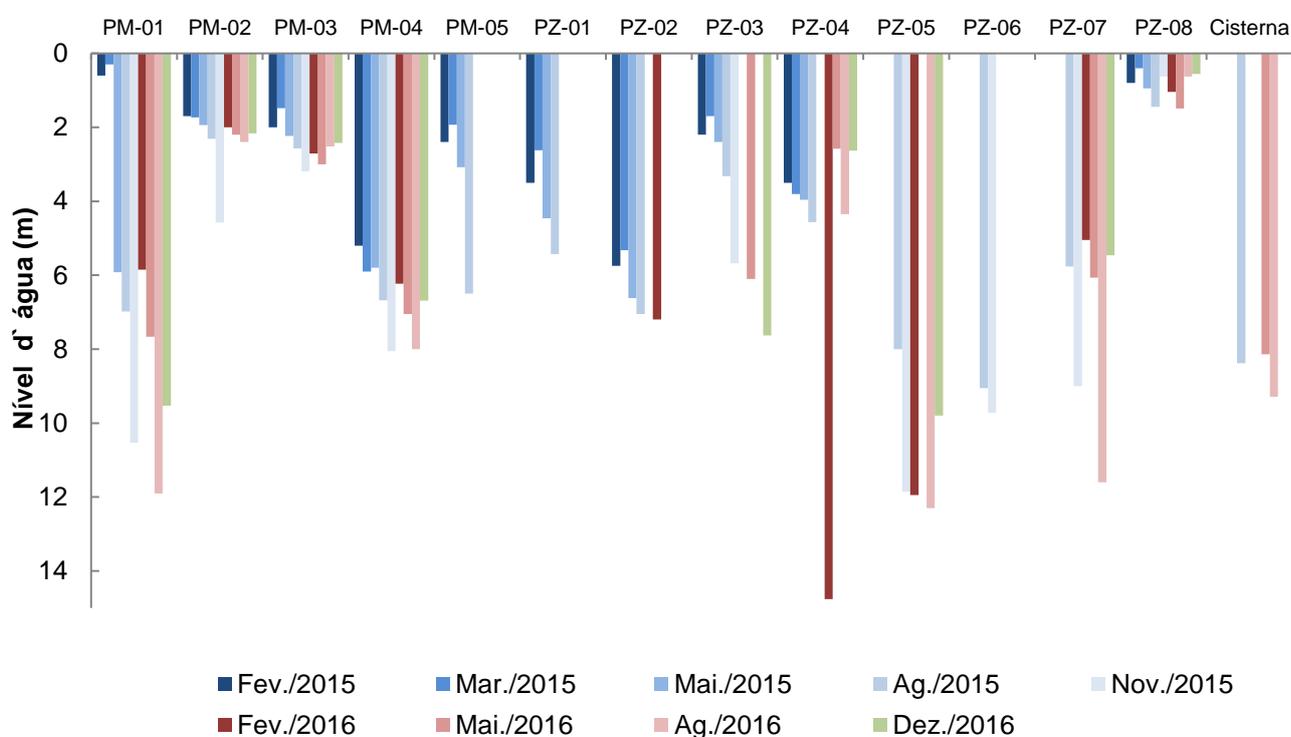
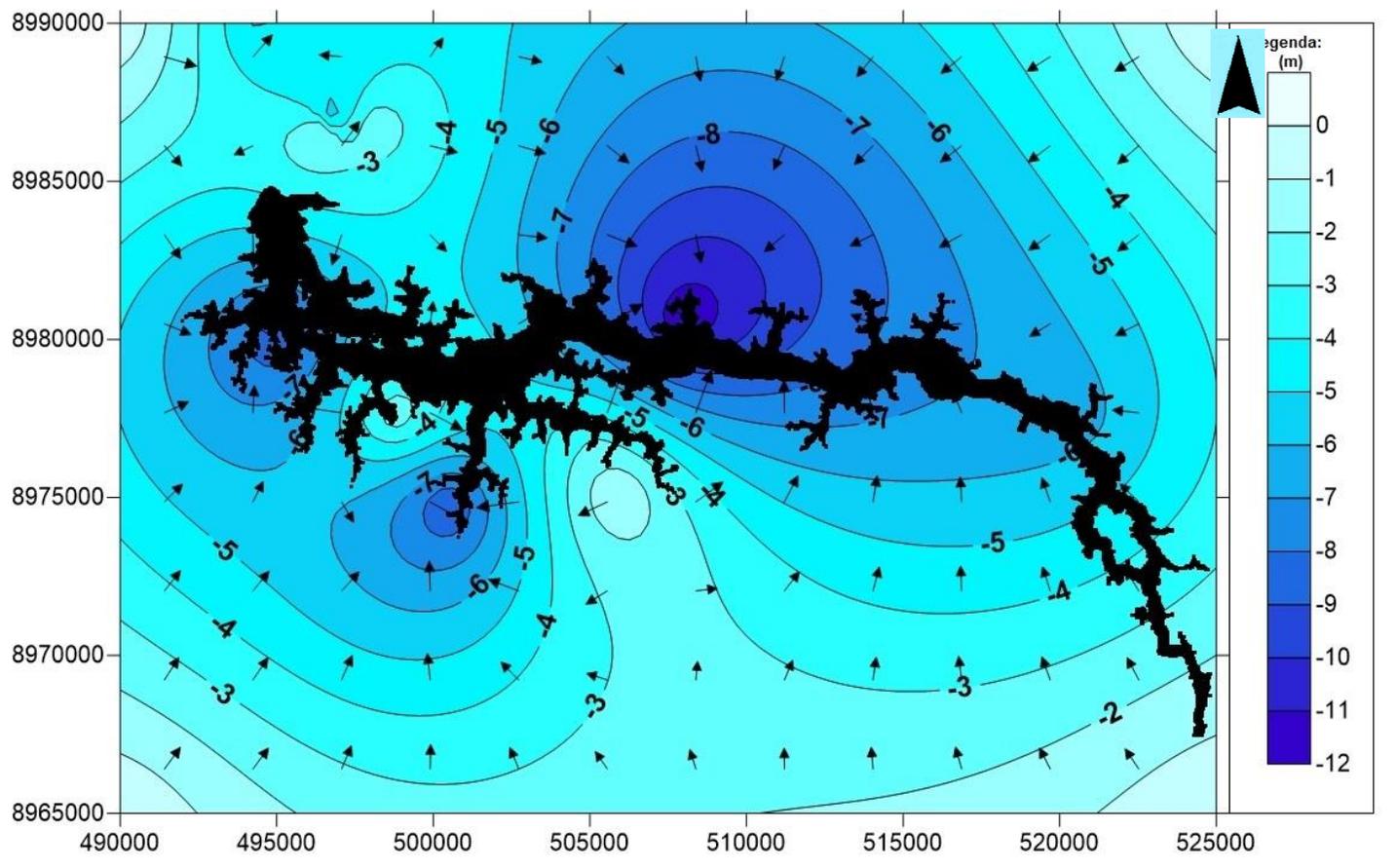


Figura - 3: Valores de nível d'água nos 13 piezômetros instalados para a execução do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas da UHE São Manoel. Nos valores apresentados já estão descontados a altura da mureta de proteção dos poços.

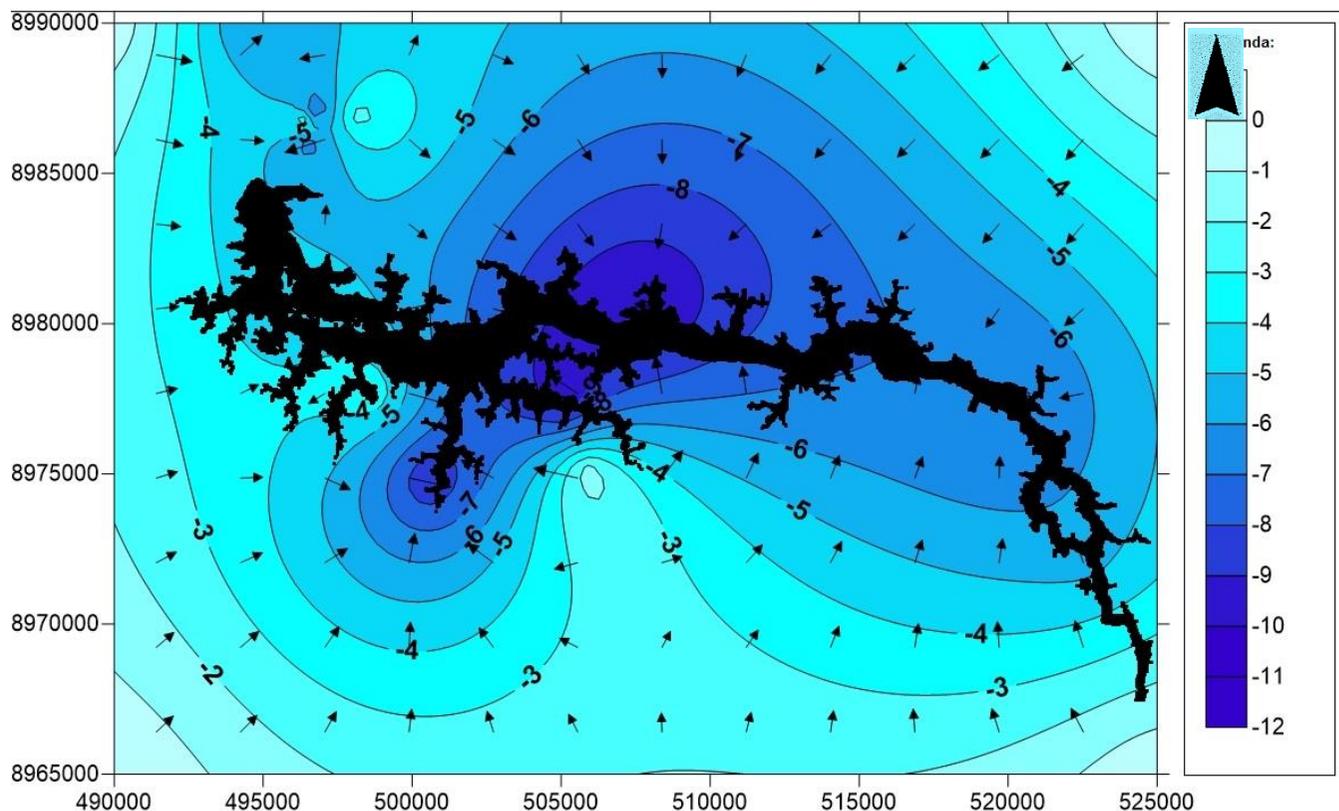
Conforme esperado, observa-se nos resultados das campanhas realizadas que os níveis d'água estavam mais profundos no período seco e mais rasos no período chuvoso. Nota-se, dessa forma, que o nível d'água acompanha os períodos de estiagem e de chuvas, de acordo com o período em que a

campanha de coleta é realizada. Ressalta-se que, os pontos de monitoramento PM- 02, PM-03, PM-04 e PZ-08 já possuem nível de água elevado na fase anterior ao enchimento do reservatório.

A partir dos dados de medidas de nível dos piezômetros instalados na área do empreendimento, utilizando-se o software Surfer e o interpolador de curvas, foram confeccionados dois mapas potenciométricos, um para estação chuvosa e outro para estação seca (Mapa 5 e 6). Ressalta-se que, como o ponto PZ-06 permaneceu seco em quase todas as campanhas, foi utilizado o valor da profundidade do mesmo na confecção do mapa. Destaca-se que para interpolador foi utilizado o método da Krigagem, que permite estimar o valor desconhecido associado a um ponto, área ou volume a partir de um conjunto de dados disponíveis (YAMAMOTO, 2001).



Mapa - 5: Mapa Potenciométrico da Área de Influência da UHE São Manoel (Período chuvoso). A legenda de cores indica a profundidade do nível freático a partir da superfície do terreno.



Mapa - 6: Mapa Potenciométrico da Área de Influência da UHE São Manoel (Período seco). A legenda de cores indica a profundidade do nível freático a partir da superfície do terreno.

Com base nas linhas equipotenciais dos mapas potenciométricos, pode-se observar que o fluxo da água subterrânea, indicado pelas setas, tende em direção da principal drenagem da área, que corresponde ao rio Teles Pires, onde será o represamento.

Infere-se dos **Mapas 5 e 6** que a variação dos níveis d'água ocorre conforme sazonalidade, evidenciando que o comportamento do lençol freático pode sofrer influência maior da infiltração da água da chuva do que da água subterrânea ou dos rios, ou seja, o lençol freático tende a alimentar o rio, mesmo em períodos chuvosos em que o nível dos rios fica mais elevado.

4.5.2. QUALIDADE DA ÁGUA

Conforme metodologia indicada no PBA, as análises de qualidade de água contemplam os 37 parâmetros indicados no **Anexo I**.

Para avaliação da qualidade da água os parâmetros analisados são comparados aos padrões de potabilidade segundo a legislação brasileira vigente, sendo elas, a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008), que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas; e a Portaria MS nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011), que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portanto, as variáveis que ultrapassarem os limites estabelecidos pela legislação serão ressaltadas.

Os resultados brutos completos podem ser analisados nos relatórios de ensaio (laudos laboratoriais) apresentados no **Anexo II** e no banco de dados apresentados no **Anexo III**.

Durante as campanhas, as amostras de água foram coletadas através de amostradores tipo *bailer* descartáveis (**Figura 4**), um para cada poço, a fim de se evitar qualquer processo de contaminação. As primeiras amostras de água retiradas não são aproveitadas, a fim de remover a água parada no poço. Os parâmetros analisados estão descritos no **Anexo I**.

Em campo, também foram tomadas medidas de pH, temperatura, turbidez, salinidade, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica em cada poço com uma sonda multiparâmetros *Aquameter 200* e sonda *Aquaprobe 900*.



Figura - 4: Amostragem de água com o amostrador do tipo bailer e medição do Nível d'água.

Após a coleta das amostras, as mesmas são devidamente armazenadas e preservadas em recipientes específicos, de acordo com os parâmetros a serem analisados, e são encaminhadas para o laboratório de análises da Veracruz, localizado em São Paulo/SP e para o laboratório da Conágua, localizado em Goiânia/GO.

4.5.2.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os resultados obtidos com a sonda multiparâmetro são apresentados na Tabela 2 e nos itens abaixo. Estas análises foram realizadas nas 8 (oito) campanhas de monitoramento, juntamente com as campanhas de medições de nível da água.

A partir das informações da tabela destaca-se o seguinte: na 2ª campanha não foram medidas as concentrações de oxigênio dissolvido nas amostras dos Pontos de Monitoramento de qualidade (PMs), pois a sonda multiparâmetro apresentou problemas; além disso, a partir da 4ª campanha o PM 05 estava seco, o que inviabilizou também a coleta de amostras para análises químicas.

Tabela - 2. Valores medidos pela sonda multiparâmetros. Temp.: Temperatura; pH: Potencial Hidrogeniônico; CE: Condutividade Elétrica; OD: Oxigênio Dissolvido; SDT: Sólidos Dissolvidos Totais; e ORP: Potencial de Óxido Redução.

CAMPANHAS	PIEZÔMETRO	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	SDT (mg/L)	ORP
1ª CAMPANHA FEV/MAR-2015	PM-01	7,23	596	4,60	512,6	+148
	PM-02	7,05	170	5,86	146,2	+150
	PM-03	5,60	12	6,96	10,3	+163
	PM-04	6,05	48	5,88	41,3	+165
	PM-05	6,53	364	6,12	313	+133
2ª CAMPANHA MAI/2015	PM-01	7,60	58	-	39	+164
	PM-02	7,70	63	-	43	+146
	PM-03	7,11	135	-	92	+153
	PM-04	6,08	40	-	27	+170
	PM-05	6,50	361	-	246	+130
3ª CAMPANHA AGO/2015	PM-01	7,05	220	3,99	70	+156
	PM-02	7,11	240	3,56	16	+187
	PM-03	5,84	17	2,10	12	+217
	PM-04	6,09	107	4,23	73	+201
	PM-05	6,25	152	4,56	73	+126
4ª CAMPANHA NOV/2015	PM-01	6,09	161	1,91	109	+20
	PM-02	6,23	12	0	11	+166
	PM-03	5,65	21	5,84	14	+121
	PM-04	6,16	154	4,66	105	+77
	PM-05	*	*	*	*	*
5ª CAMPANHA FEV/2016	PM-01	6,05	22	4,66	15	+200
	PM-02	6,11	104	7,68	71	+184
	PM-03	6,02	11	6,61	7	+203
	PM-04	5,72	169	5,39	115	+194
	PM-05	*	*	*	*	*
6ª CAMPANHA MAI/2016	PM-01	7,18	25	5,97	17	+181
	PM-02	7,84	28	8,14	19	+171
	PM-03	7,03	12	8,05	8	+176
	PM-04	6,35	49	7,16	33	+184
	PM-05	*	*	*	*	*
	PM-01	6,67	23,70	5,87	16	208,20

UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

CAMPANHAS	PIEZÔMETRO	pH	CE ($\mu\text{S/cm}$)	OD (mg/L)	SDT (mg/L)	ORP
7ª CAMPANHA AGO/2016	PM-02	6,79	42,30	3,20	29	191,20
	PM-03	6,45	43,70	3,01	30	180,20
	PM-04	6,27	36,10	2,98	25	188,20
	PM-05	*	*	*	*	*
8ª CAMPANHA NOV/2016	PM-01	6,10	22,20	3,40	15	223,40
	PM-02	6,47	110,30	5,70	75	59,40
	PM-03	7,60	37,80	3,75	26	170,2
	PM-04	6,45	57,00	3,39	39	192,0
	PM-05	*	*	*	*	*

* Poço seco

- Medida não considerada devido à possível descalibração da sonda no momento da análise.

- **pH**

O pH representa a intensidade da condição ácida ou básica de um determinado meio e afeta diretamente diversas reações químicas que ocorrem no meio aquático, expresso em mol/L. A Portaria MS nº 2.914/2011 estabelece que o limite mínimo do pH para águas destinadas ao consumo humano seja entre 6 e 9.

Analisando os resultados apresentados na **Tabela 2**, nota-se que os valores médios de pH para cada poço estão dentro do limite estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011. Destaca-se apenas que as amostras do piezômetro PM-03 na 1ª, 3ª e 4ª campanha e do PM-04 na 5ª campanha apresentaram valores ligeiramente abaixo desse limite, comportamento este que está sendo acompanhado ao longo deste monitoramento (**Figura 5**).

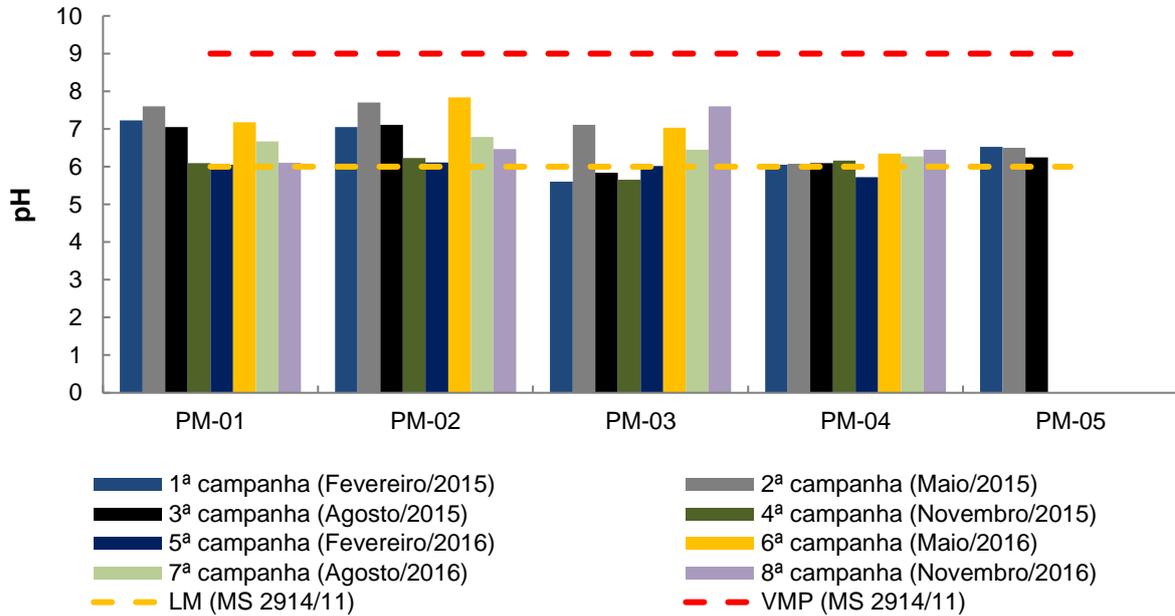


Figura - 5: pH das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (LM) Limite mínimo (MS 2914/11); (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11).

- **Condutividade Elétrica**

Este parâmetro está relacionado com as concentrações iônicas e com a temperatura, indicando a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes (**Figura 6**).

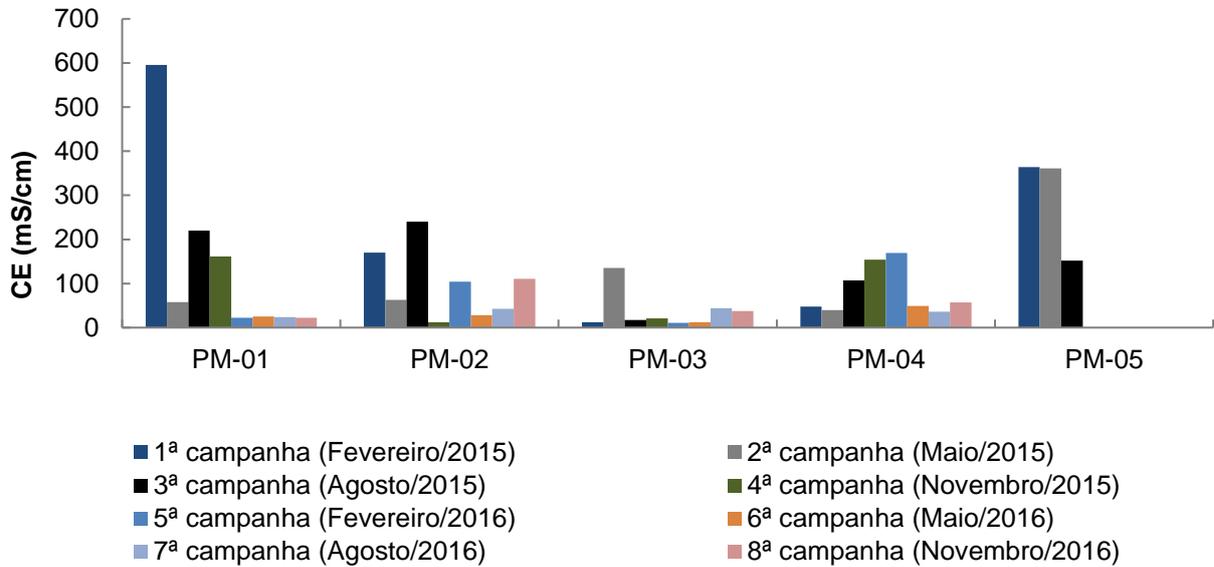


Figura - 6: Condutividade elétrica das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- **Potencial redox**

Durante as campanhas de monitoramento o PM-01 foi o que apresentou o menor e o maior valor de potencial redox, 20 mV (4ª campanha; novembro de 2015) e 223,4 mV (8ª campanha; novembro de 2016), respectivamente (Figura 7).

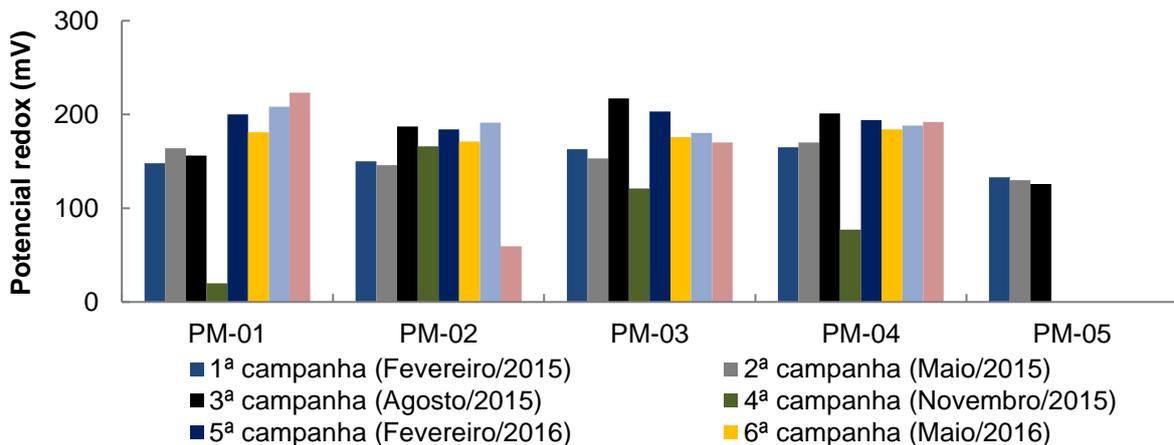


Figura - 7: Potencial redox das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- **Sólidos dissolvidos totais (SDT)**

Para todas as amostras das 8 campanhas, os valores de SDT estiveram abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e pela Resolução CONAMA nº 396/2008 (**Figura 8**). Ressalta-se que os valores mais elevados foram encontrados em amostras da 1ª campanha do PM-01 (512,6 mg/L) e PM-05 (313,0 mg/L).

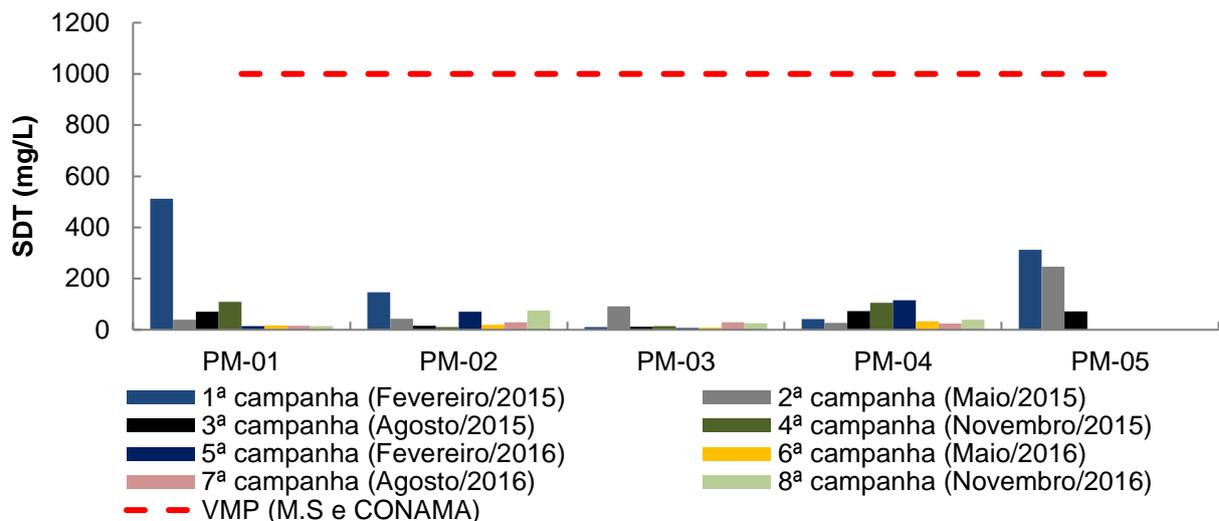


Figura - 8: Sólidos dissolvidos totais (SDT) das águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/2011 e CONAMA 396/2011).

- **Turbidez**

A turbidez esteve acima do limite máximo estabelecido para águas destinadas ao consumo humano, segundo a Portaria MS nº 2.914/2011, em todos os pontos amostrais (**Figura 9**). Provavelmente, a riqueza de partículas inorgânica são provenientes de sedimento resuspenso durante a amostragem, influenciando nos elevados valores de turbidez observados. Cabe destacar que a Resolução Conama nº 396/08, que trata exclusivamente de águas subterrâneas, não exige a análise desse parâmetro, por se tratar de um parâmetro de difícil detecção em águas subterrâneas.

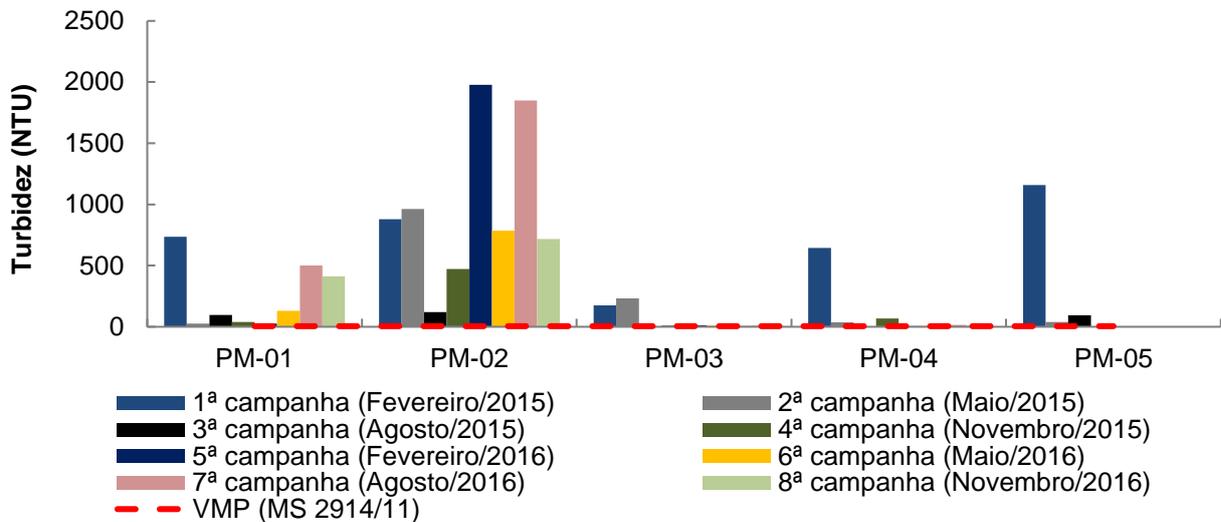


Figura - 9: Turbidez das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11).

- Cor verdadeira

Dentre as campanhas de monitoramento, o único valor contrastante foi verificado no ponto PM-02, na 5ª campanha em fevereiro de 2016, com valor 11670 UC (Figura 10). Provavelmente esse fato é consequência de sedimento resuspensão durante a amostragem.

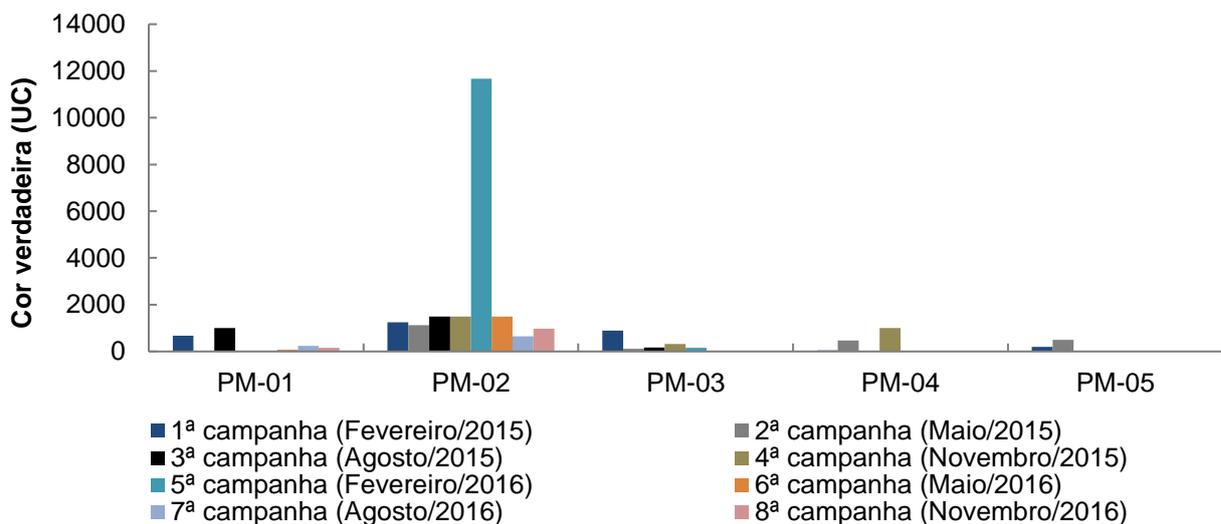


Figura - 10: Cor verdadeira das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

4.5.2.2. VARIÁVEIS QUÍMICAS (EXCETO METAIS)

Em geral, as variáveis químicas estiveram abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e/ou Resolução CONAMA nº 396/2008, em todas as campanhas realizadas na maioria dos pontos analisados, exceto para o PM-02 quanto ao Cloreto e Dureza Total.

- **Alcalinidade**

Dentre as campanhas de monitoramento a maior variação de alcalinidade ocorreu no PM-02 com 613 mg/L (2ª campanha em maio de 2015) e 19,4 mg/L (6ª campanha em maio de 2016) (**Figura 11**). Visto que o solo é o fator que mais influência na alcalinidade das águas, provavelmente a presença de compostos alcalinos no solo influenciou os resultados obtidos.

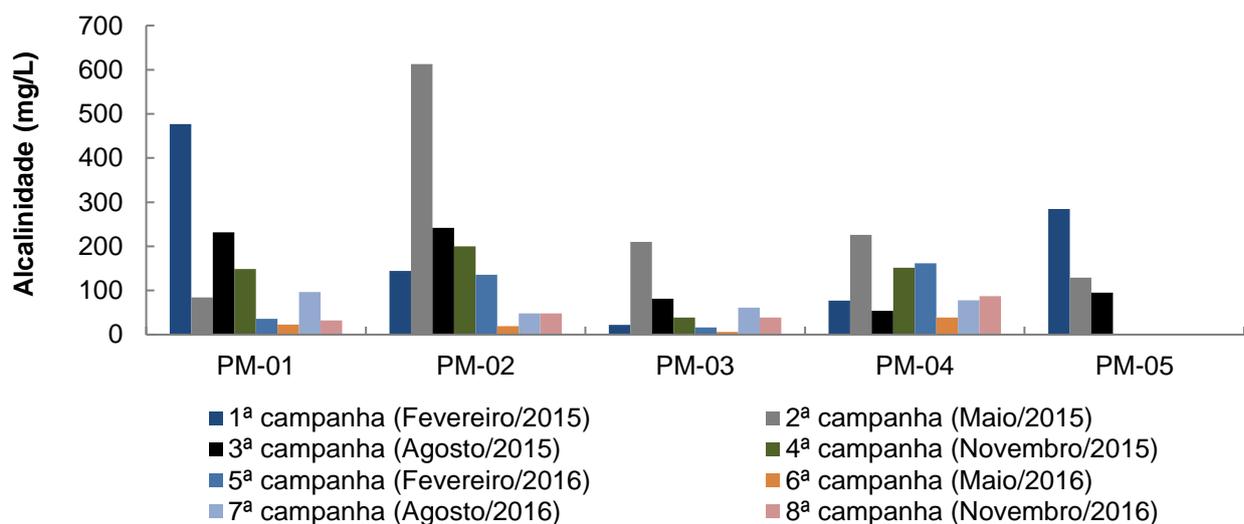


Figura - 11: Alcalinidade das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- **Cloreto**

Analisando todos os resultados, constata-se que os valores das concentrações são parecidos e em conformidade com a legislação, com exceção do PM-02 da 2ª campanha. Nesse, a concentração de cloreto estava muito acima do limite máximo permitido (250 mg/L), devido à presença de sedimentos

na amostra. Considerando-se que esta foi uma situação pontual, o comportamento deste ponto está sendo acompanhado ao longo do monitoramento (**Figura 12**).

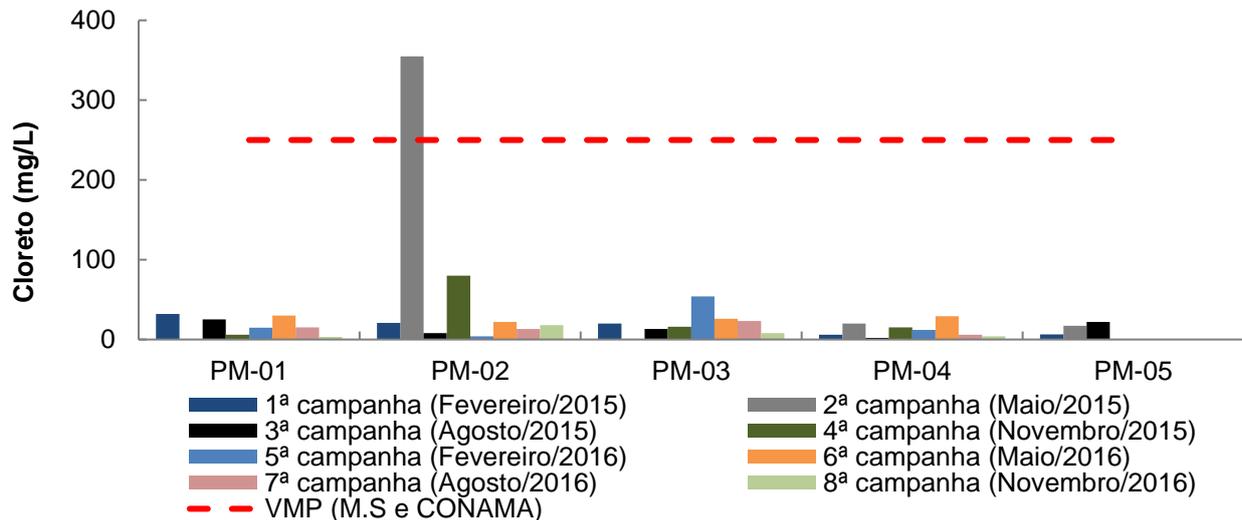


Figura - 12: Cloreto das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11 e CONAMA 396/08).

- **Dureza total**

Até o momento, todos os valores se adequaram ao limite máximo proposto pela legislação, com exceção do PM-02 da 2ª campanha (**Figura 13**).

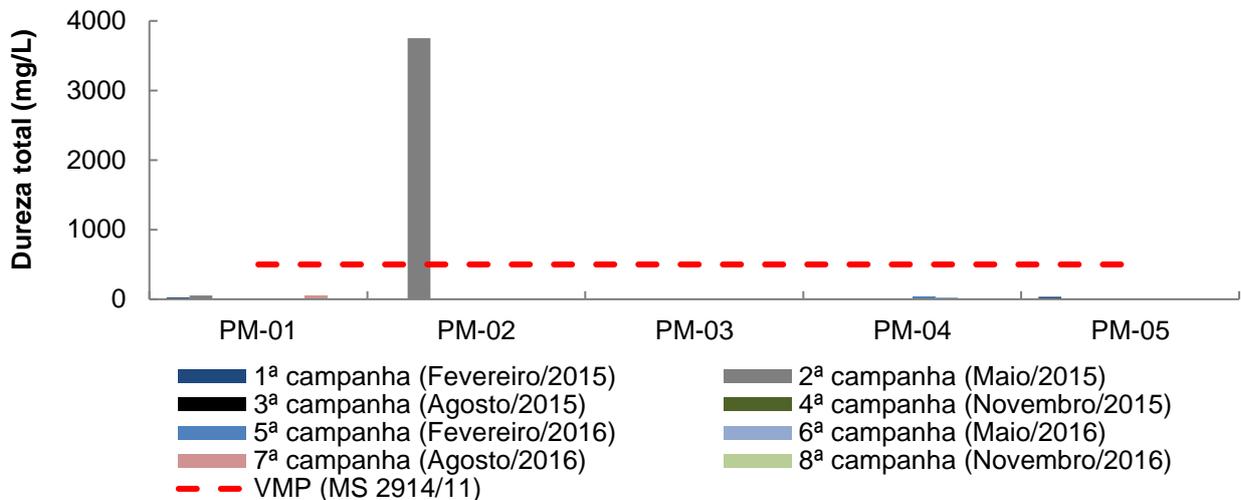


Figura - 13: Dureza total das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11).

- Nitrogênio amoniacal

Como o monitoramento deste parâmetro não é exigido pela Resolução CONAMA nº 396/08, seus resultados foram comparados à Resolução CONAMA nº 357/05, aplicada para águas superficiais, tendo as concentrações, durante todo o monitoramento, ficado abaixo do limite máximo estabelecido (Figura 14).

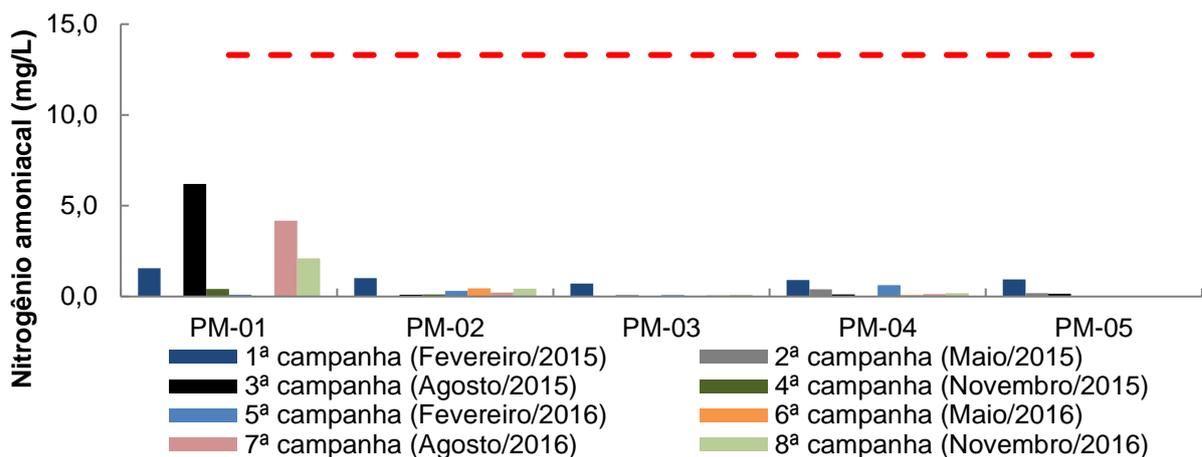


Figura - 14: Nitrogênio amoniacal das águas subterrâneas referente às oito campanhas para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (CONAMA 357/05).

- Nitrogênio Kjeldahl total

As maiores concentrações de nitrogênio total ocorreram na 4ª campanha (novembro de 2015) com valores 5 mg/L (PM-05) e 4mg/L (PM-04). Para todas as amostras das 3ª, 6ª, 7ª e 8ª campanhas, os valores foram inferiores a 0,1 mg/L (**Figura 15**). Não são determinados limites de concentração para este parâmetro, tanto na Portaria MS nº 2914/11 quanto na Resolução CONAMA nº 396/08.

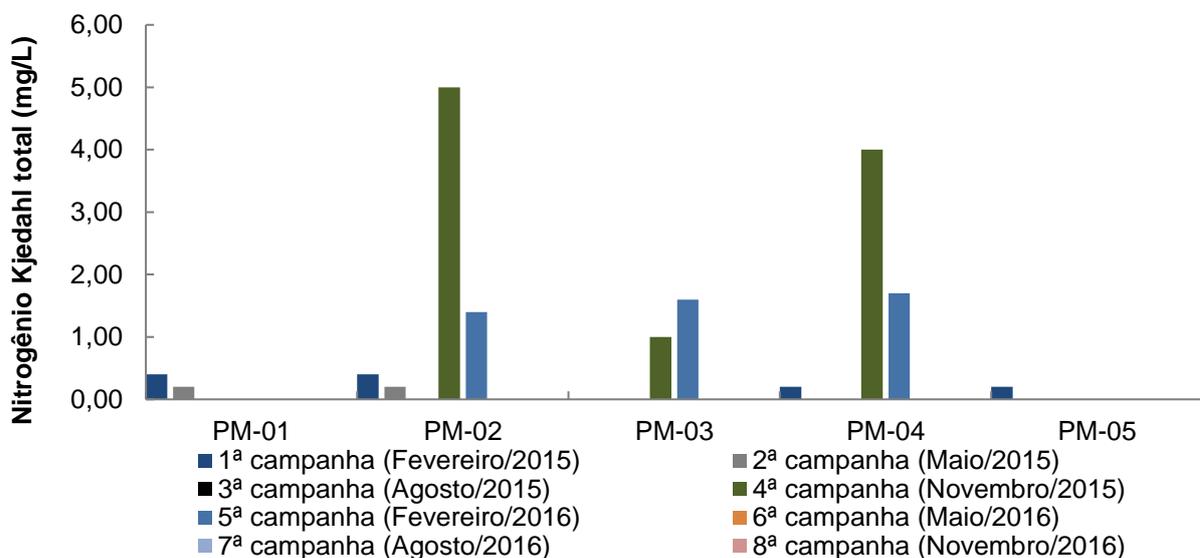


Figura - 15: Nitrogênio Kjeldahl total das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- Sulfato

Até o momento, as concentrações para todas as amostras estiveram abaixo do limite máximo de 250 mg/L exigido pela legislação (**Figura 16**).

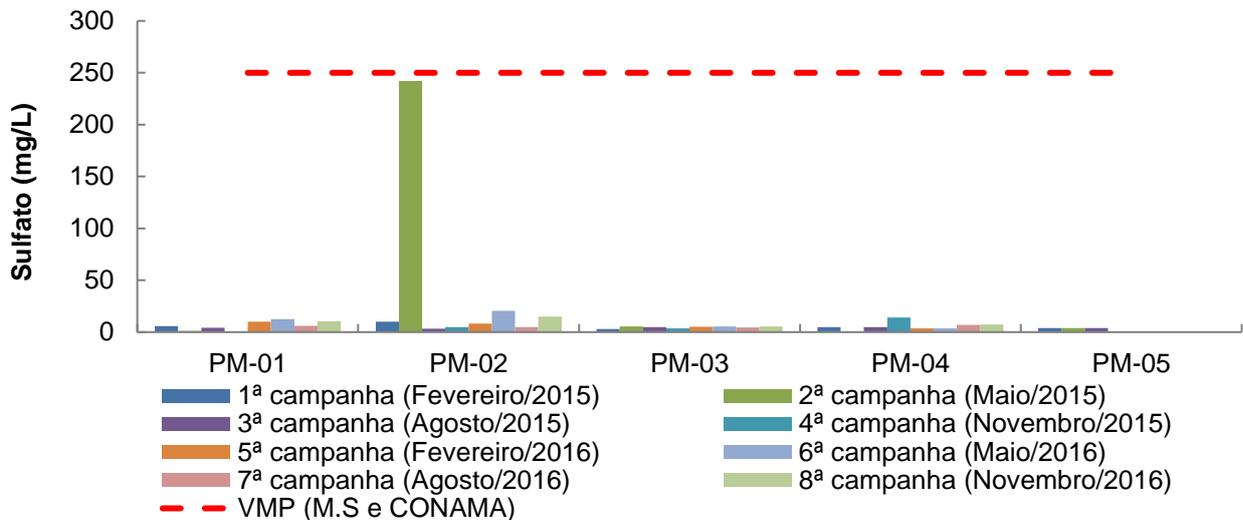


Figura - 16: Sulfato das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11 e CONAMA 396/08).

- Oxigênio dissolvido

Embora a legislação não preveja o monitoramento deste parâmetro para águas subterrâneas, este é corriqueiramente analisado, pois se trata de um dos parâmetros de estabilização do poço. A coleta da amostra de água é feita somente após a verificação da estabilização de determinados parâmetros (considerando leituras consecutivas, espaçadas entre si em tempo pré-determinado). Dentre os indicadores de estabilidade dos poços de monitoramento, o oxigênio dissolvido e a condutividade elétrica são os mais importantes, pois são os mais difíceis de ser estabilizados.

A **Figura 17** apresenta as concentrações de OD obtidas ao longo do monitoramento. Os valores amostrados na segunda campanha não se apresentaram consistentes, devido à falha no equipamento de medição, por isso, optou-se por descartar as medições. Como a Resolução CONAMA nº 396/08, que trata exclusivamente de águas subterrâneas, não exige a análise deste parâmetro, os resultados obtidos foram comparados à Resolução CONAMA nº 357/05, que trata da qualidade das águas superficiais. A maioria dos resultados apresentou valores abaixo do mínimo permitido por esta resolução, porém, estas concentrações são comuns em águas subterrâneas.

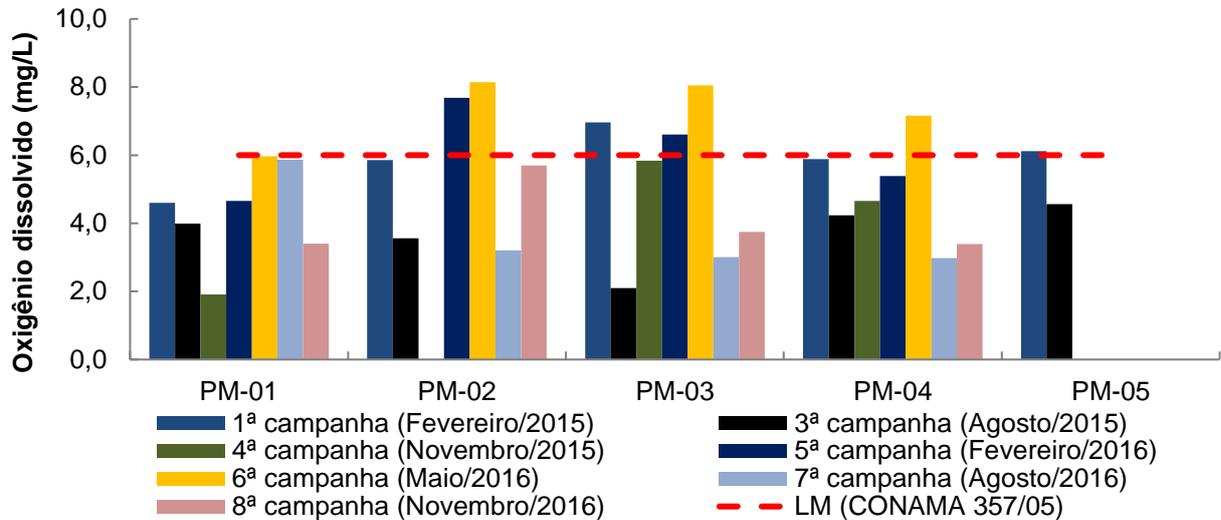


Figura - 17: Oxigênio dissolvido das águas subterrâneas referente à sete das oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- Fluoreto

Ao longo do monitoramento, todas as concentrações de fluoreto detectadas nas amostras dos poços estiveram consideravelmente abaixo dos limites estabelecidos pelas legislações Portaria MS nº 2914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (Figura 18).

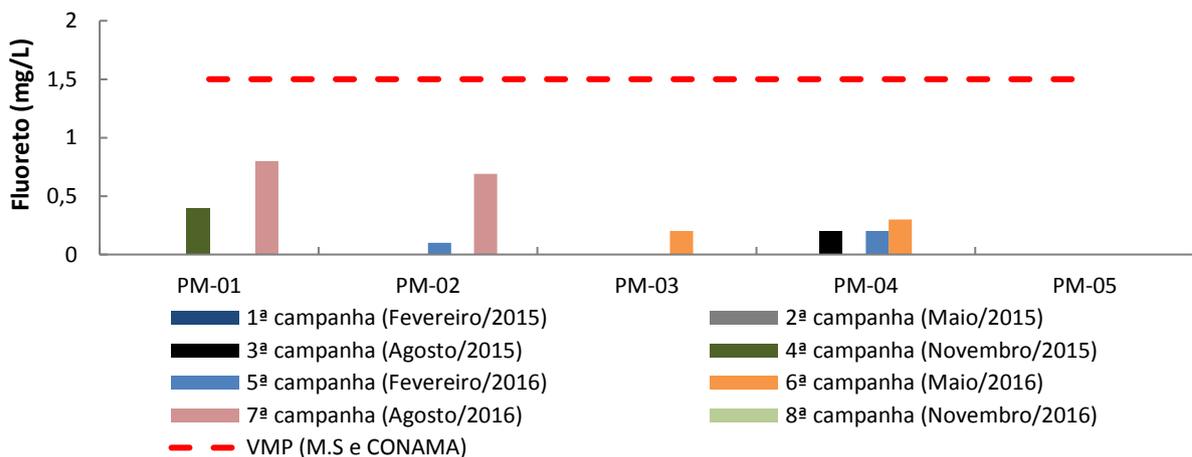


Figura - 18: Fluoreto das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- **Nitrato**

Ao longo do monitoramento, todas as concentrações de nitrato detectadas nas amostras dos poços estiveram consideravelmente abaixo dos limites estabelecidos pelas legislações Portaria MS nº 2914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008, não sendo encontradas concentrações maiores de 0,1 mg/L (**Figura 19**).

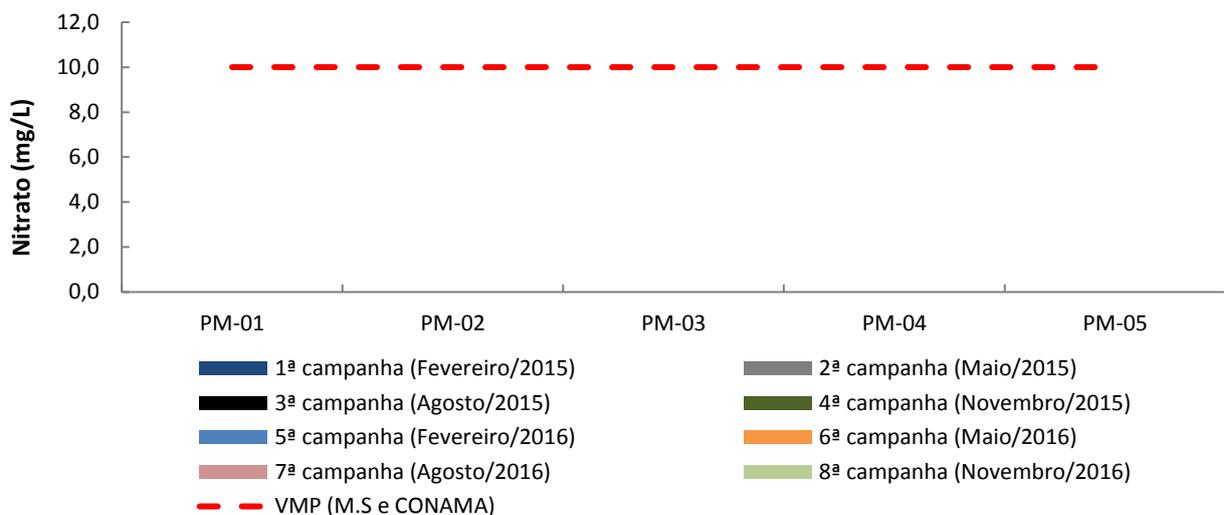


Figura - 19: Nitrato das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- **Nitrito**

Ao longo do monitoramento, todas as concentrações de nitrito detectadas nas amostras dos poços estiveram consideravelmente abaixo dos limites estabelecidos pelas legislações Portaria MS nº 2914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (**Figura 20**).

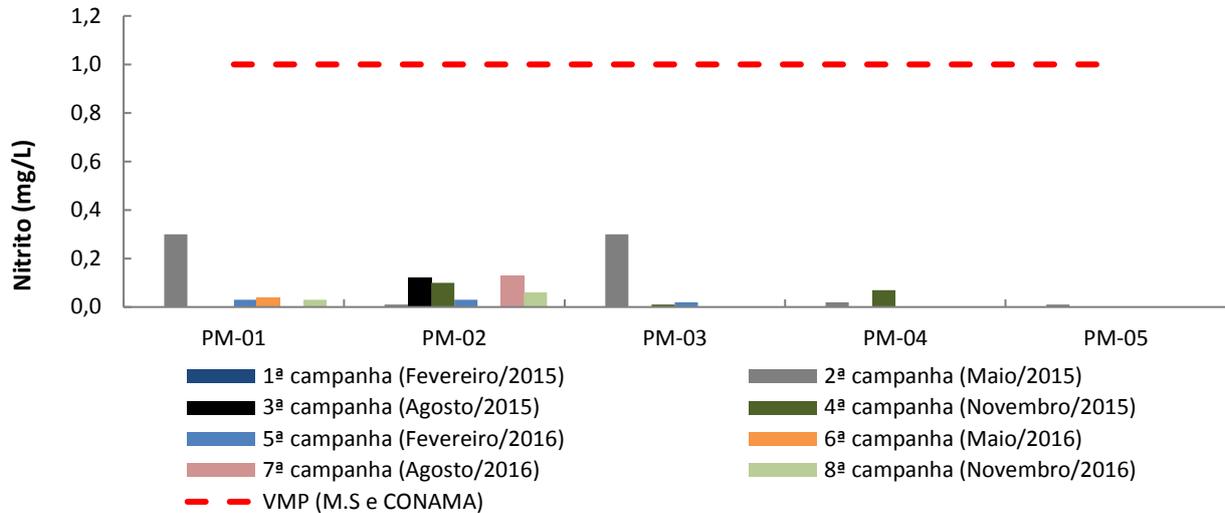


Figura - 20: Nitrito das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

4.5.2.3. METAIS

A seguir serão apresentados os valores das concentrações do alumínio, cálcio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel, potássio e sódio nas amostras dos PM's de todas as campanhas de monitoramento.

Salienta-se que as amostras do PM-01 e PM-05 na 3ª campanha e PM-01 na 7ª campanha não foram suficientes para a realização dessas análises químicas, uma vez que a lâmina d'água estava muito pequena no momento da coleta.

- **Mercúrio**

Ao longo do monitoramento, todas as concentrações de mercúrio nas amostras dos poços estiveram abaixo dos limites de quantificação estabelecidos pelas legislações Portaria MS nº 2914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008.

• **Alumínio dissolvido**

A **Figura 21** apresenta os valores obtidos de alumínio dissolvido ao longo do monitoramento. Conforme esperado, o alumínio dissolvido esteve acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,2 mg/L) principalmente no período chuvoso, quando são detectados os maiores valores de turbidez. A **Tabela 3** abaixo apresenta em maior detalhe os valores obtidos de Alumínio dissolvido ao longo do monitoramento.

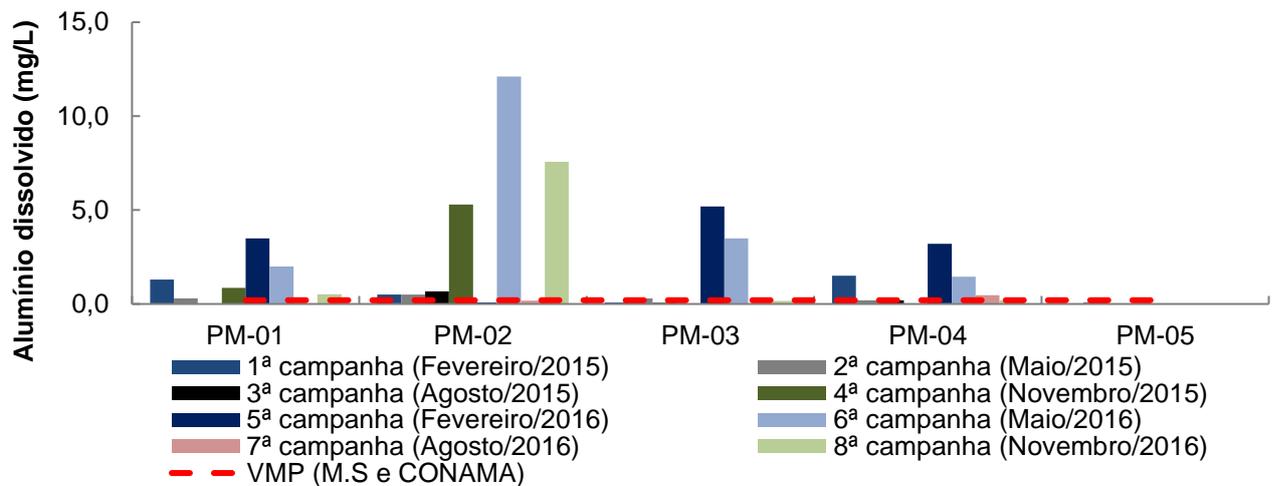


Figura - 21: Concentrações de alumínio dissolvido nas águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11 e CONAMA 396/08).

Tabela - 3: Concentrações de alumínio dissolvido das águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Al dissolvido (mg/L)	PM01	PM02	PM03	PM04	PM05	CONAMA nº 396/08
1ª campanha - 02/15	1,3	0,5	0,07	1,5	ND	0,2
2ª campanha - 05/15	0,3	0,5	0,3	0,2	0,1	0,2
3ª campanha - 08/15	NR	0,67	0,06	0,2	NR	0,2
4ª campanha - 11/15	0,85	5,3	0,023	0,02	NR	0,2
5ª campanha - 02/16	3,5	0,071	5,2	3,2	NR	0,2
6ª campanha - 05/16	2	12,1	3,5	1,448	NR	0,2
7ª campanha - 08/16	NR	0,178	<LQ	0,473	NR	0,2
8ª campanha - 11/16	0,517	7,57	0,169	0,202	NR	0,2

- **Cálcio**

A **Figura 22** apresenta os valores de Cálcio obtidos ao longo do monitoramento. Os valores de Cálcio variaram de 0,1 mg/L (PM-01; novembro de 2016) a 30,2 mg/L (PM-02; agosto de 2016). Não é previsto limite de concentração para este parâmetro em águas subterrâneas na legislação tratada.

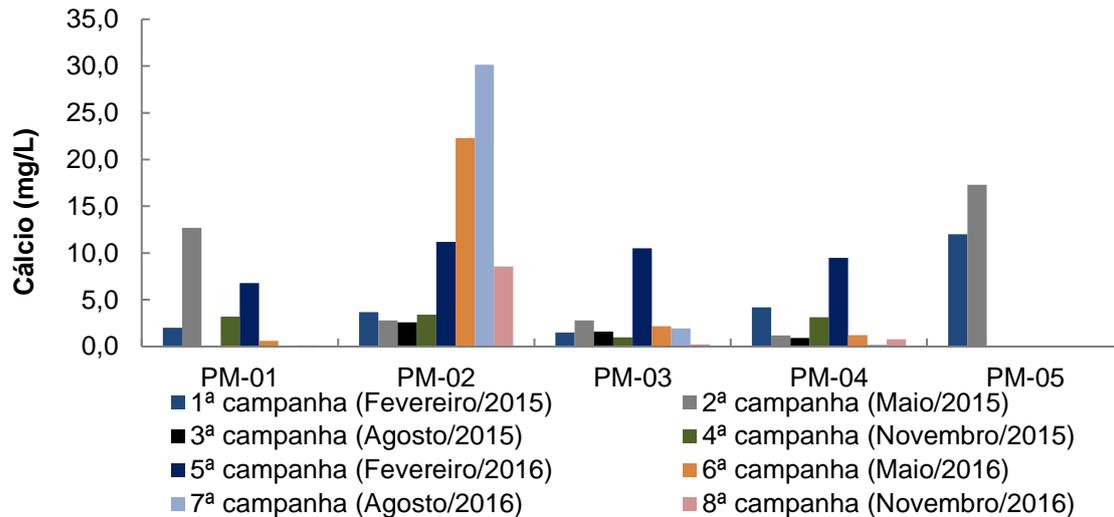


Figura - 22: Concentrações de cálcio nas águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- **Cádmio**

Em todas as campanhas, as concentrações de cádmio estiveram abaixo do limite de quantificação do método para todas as análises.

- **Chumbo**

Os valores de chumbo estiveram acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,01 mg/L) na 1ª campanha nos pontos PM01, PM03 e PM04; na 2ª campanha nos pontos PM-01 e PM-02; na 5ª e 7ª campanha apenas no PM-02; nas demais campanhas os valores estiveram abaixo do limite máximo estabelecido em todos os pontos de monitoramento (**Figura 23**). Salienta-se que, conforme apresentado em maior detalhe na **Tabela 4** abaixo, nota-se que os valores não conformes em relação à legislação apresentam-se muito baixos e

próximos ao limite. Os únicos casos com valor mais elevado foram do PM-03 na campanha de agosto de 2015 e o PM-02 na campanha de fevereiro de 2016. No entanto, estes valores foram registrados de forma muito pontual não sendo mantida esta contaminação durante as campanhas subsequentes.

Tabela - 4: Concentrações de chumbo das águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostral para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

CHUMBO (MG/L)	PM01	PM02	PM03	PM04	PM05	CONAMA Nº 396/08
1ª campanha - 02/15	0,027	ND	0,105	0,022	0,007	0,01
2ª campanha - 05/15	0,03	0,04	0,005	0,004	0,005	0,01
3ª campanha - 08/15	NR	0,002	<1	0,003	NR	0,01
4ª campanha - 11/15	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NR	0,01
5ª campanha - 02/16	<LQ	0,34	0,008	< LQ	NR	0,01
6ª campanha - 05/16	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NR	0,01
7ª campanha - 08/16	NR	0,009	<LQ	<LQ	NR	0,01
8ª campanha - 11/16	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NR	0,01

Devido ao fator nocivo do chumbo está sendo dada especial atenção para este parâmetro durante as campanhas de campo de forma a verificar eventuais fontes de contaminação antrópica que possa estar ocorrendo. Entretanto, verifica-se pelo gráfico uma tendência a normalização das concentrações. Não se pode afirmar que a presença de altas concentrações de chumbo esteja ligada à sazonalidade, visto que elas ocorreram tanto no período chuvoso quanto no seco. Em campo não foram verificadas visualmente condições perigosas que justifiquem estas contaminações.

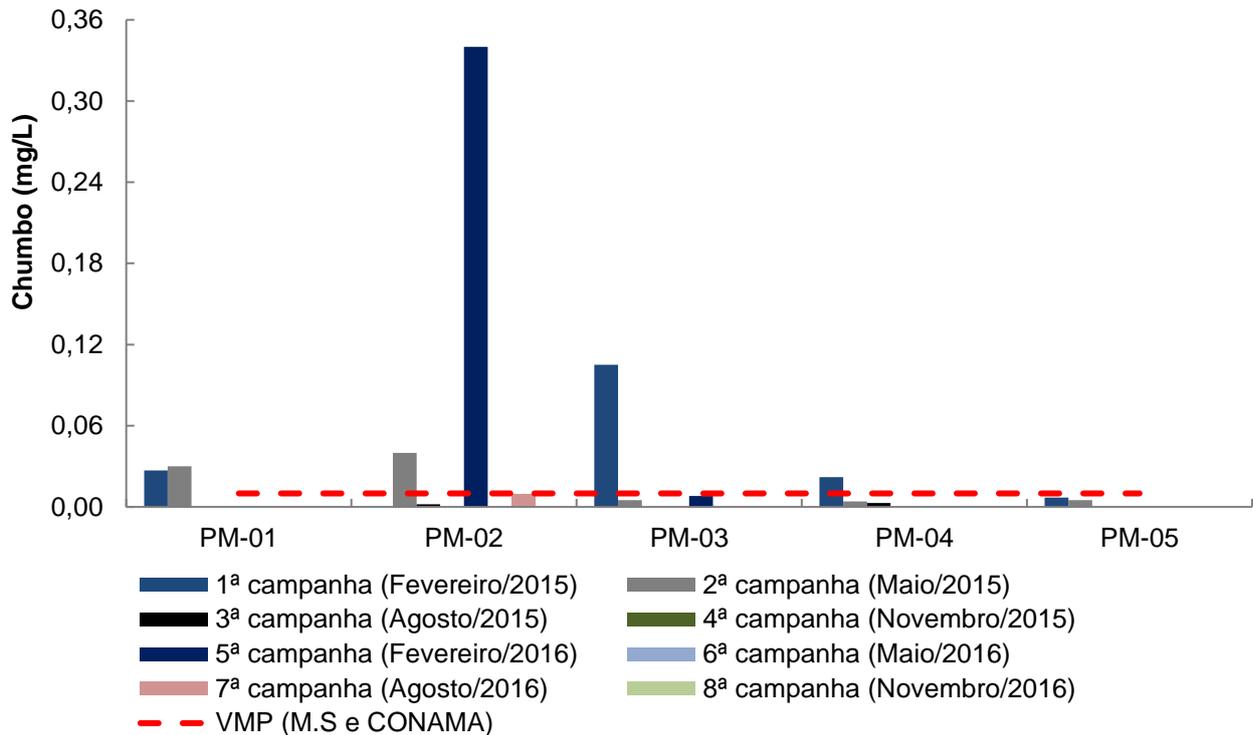


Figura - 23: Concentrações de chumbo nas águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (Portaria MSnº 2914/11 e Resolução CONAMA nº 396/08).

- **Cobre dissolvido**

Na 1ª campanha, o cobre dissolvido esteve acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<2,0 mg/L) em dois pontos de monitoramento, em PM-01 (4,88 mg/L) e PM-04 (6,6 mg/L; **Figura 24**).

Nas demais campanhas, as concentrações de cobre dissolvido estiveram abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<2,0 mg/L) para todas as amostras (**Figura 24**).

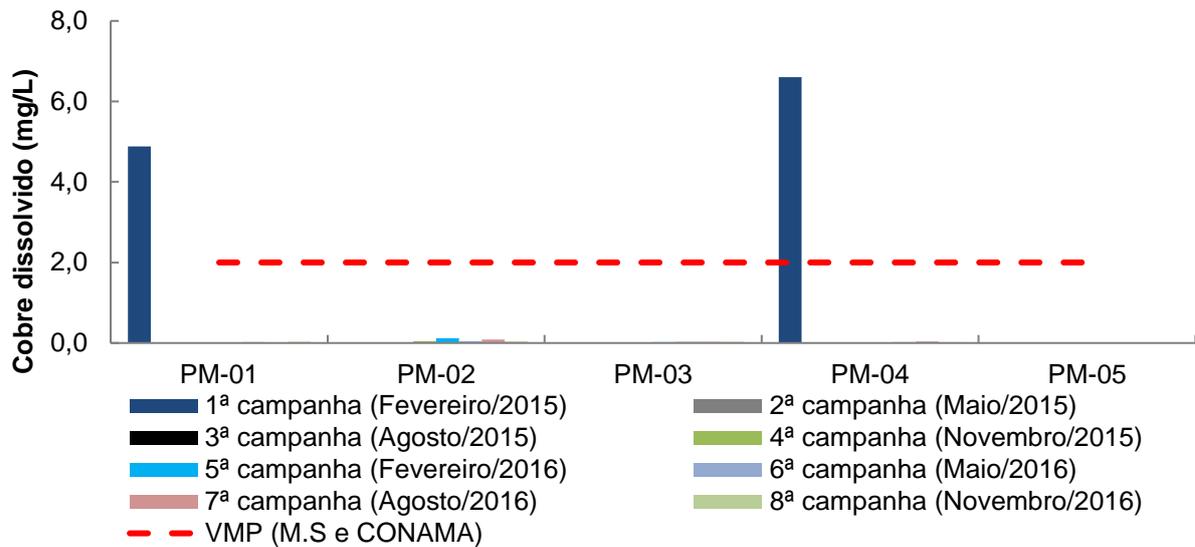


Figura - 24: Concentrações de cobre nas águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (Portaria MS nº 2914/11 e Resolução CONAMA nº 396/08).

- Cromo

Na 1ª campanha, o cromo esteve acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,05 mg/L) apenas em PM-03 (0,2 mg/L) e na 2ª campanha, para o PM-02 (0,065 mg/L). A partir da 3ª campanha de monitoramento, as concentrações de cromo dissolvido apresentaram-se abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,05 mg/L) em todos os pontos de monitoramento, exceto no PM-02 na 5ª campanha (**Figura 25**). Ressalta-se que, em campo, visualmente não foram identificadas fontes de contaminação.

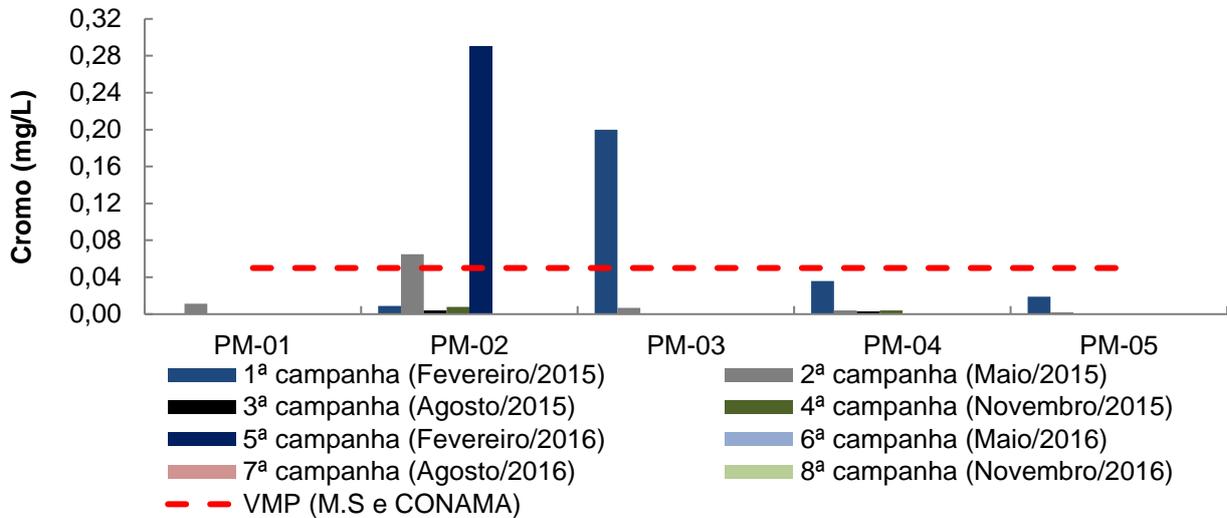


Figura - 25: Concentrações de cromo dissolvido nas águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (Portaria MS nº 2914/11 e Resolução CONAMA nº 396/08).

- Ferro dissolvido

Em todas as campanhas o ferro dissolvido esteve acima do limite estabelecido pela Portaria MS nº 2.1914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,3 mg/L) (Figura 26). A Tabela 5 apresenta em maior detalhe os valores em não conformidade com a legislação.

Ressalta-se que além da geologia local não foram encontradas outras fontes antrópicas que possam estar causando estes elevados valores de ferro dissolvido na água.

De acordo com EIA/Rima UHE São Manoel, o ferro está presente no grupo de Solos hidromórficos, que compreende o grupo de solos que, sob influência do lençol freático, encontram-se saturados com água durante algum período do ano ou o ano todo.

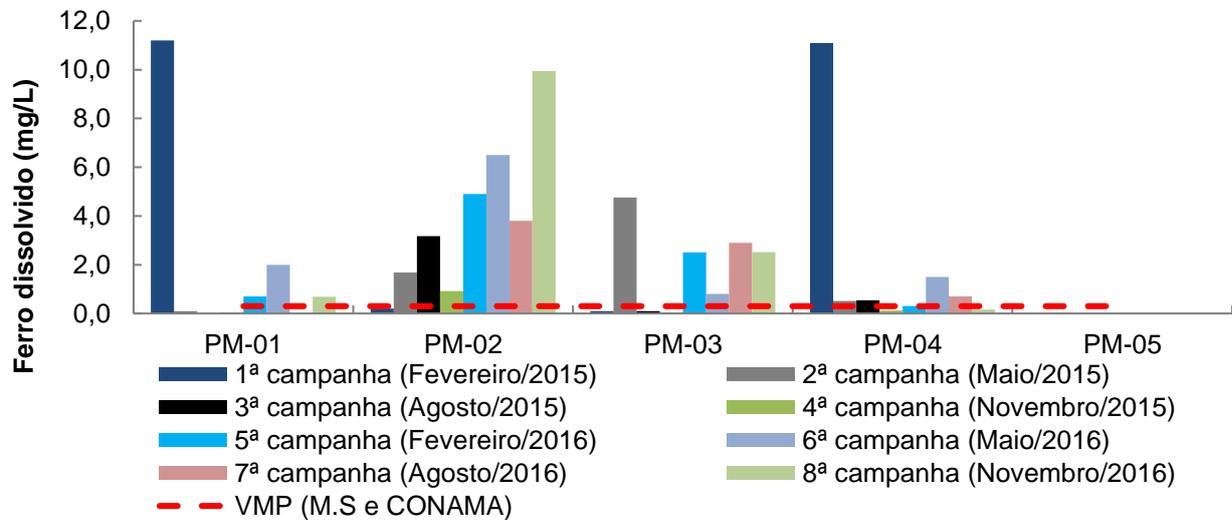


Figura - 26: Concentrações de ferro dissolvido das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11 e CONAMA 396/08).

Tabela - 5: Concentrações de ferro dissolvido das águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostral para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

FERRO DISSOLVIDO (mg/L)	PM01	PM02	PM03	PM04	PM05	CONAMA nº 396/08
1ª campanha - 02/15	11,2	0,2	0,1	11,1	ND	0,3
2ª campanha - 05/15	0,1	1,7	4,8	0,5	0,0	0,3
3ª campanha - 08/15	NR	3,2	0,1	0,5	NR	0,3
4ª campanha - 11/15	0,045	0,919	0,0	0,128	NR	0,3
5ª campanha - 02/16	0,7	4,9	2,5	0,3	NR	0,3
6ª campanha - 05/16	2,0	6,5	0,8	1,5	NR	0,3
7ª campanha - 08/16	NR	3,8	2,9	0,7	NR	0,3
8ª campanha - 11/16	0,685	9,9	2,5	0,2	NR	0,3

- **Manganês total**

Em todas as campanhas o manganês total esteve acima do limite estabelecido pela Portaria MS nº 2.1914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,1 mg/L) (Figura 27). A Tabela 6 apresenta em maior detalhe os valores em não conformidade com a legislação.

Ressalta-se que além da geologia local não foram encontradas outras fontes antrópicas que poderiam estar causando estes elevados valores de manganês na água.

De acordo com EIA/RIMA da UHE São Manoel, OLIVEIRA & ALBUQUERQUE (2005) individualizaram cinco unidades litológicas no Grupo Beneficente, sendo denominadas por Unidades I, II, III, IV e V. O manganês está presente na Unidade II.

A Unidade II distribui-se sob a forma de estreita faixa paralela à Unidade I, à qual recobre de maneira concordante, sendo constituída por um espesso pacote de pelitos avermelhados onde os argilitos laminados representam as rochas predominantes. Arenitos finos e arenitos manganésíferos aparecem como lentes ou finas intercalações. As rochas pelíticas encontram-se comumente alteradas, formando solos argilosos avermelhados, em contraposição aos solos arenosos das unidades envolventes. Também podem ser verificadas ocorrências restritas de calcário margoso cinza-escuro, com textura muito fina e estrutura finamente laminada.

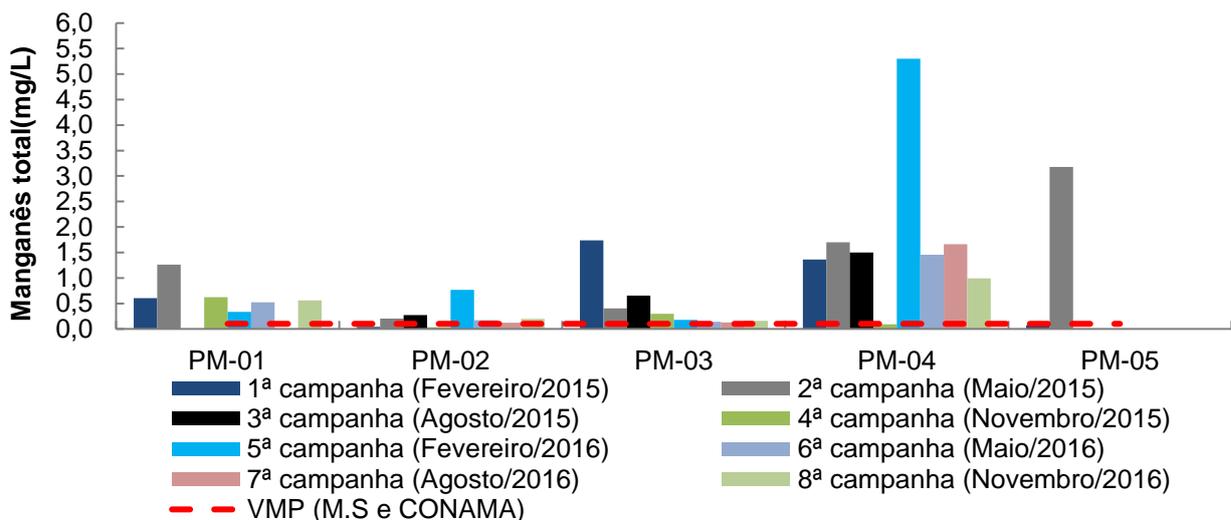


Figura - 27: Concentrações de manganês total das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (MS 2914/11 e CONAMA 396/08).

Tabela - 6: Concentrações de manganês total das águas subterrâneas referentes às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

MANGANÊS (mg/L)	PM01	PM02	PM03	PM04	PM05	CONAMA nº 357/05
1ª campanha - 02/15	0,6060	0,0380	1,7400	1,3600	0,0740	0,1
2ª campanha - 05/15	1,260	0,200	0,402	1,700	3,180	0,1
3ª campanha - 08/15	NR	0,270	0,652	1,500	NR	0,1
4ª campanha - 11/15	0,62	0,033	0,3	0,09	NR	0,1
5ª campanha - 02/16	0,335	0,767	0,175	5,300	NR	0,1
6ª campanha - 05/16	0,520	0,170	0,139	1,453	NR	0,1
7ª campanha - 08/16	NR	0,121	0,129	1,661	NR	0,1
8ª campanha - 11/16	0,56	0,195	0,159	0,994	NR	0,1

- **Níquel**

Na 1ª campanha, o níquel esteve acima do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,02 mg/L) apenas em PM-03 (0,033 mg/L) e na 5ª campanha no PM-02 (0,20 mg/L). Nas demais campanhas o níquel esteve abaixo do limite estabelecido, estando muitas vezes abaixo dos limites de quantificação (**Figura 28**).

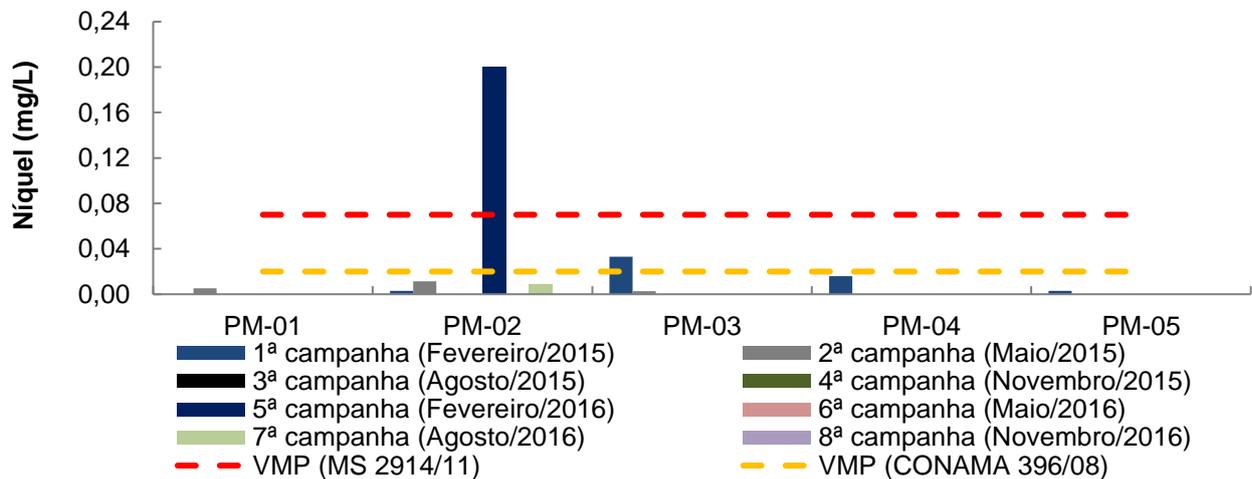


Figura - 28: Concentrações de níquel das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido (Portaria MS nº 2914/11 e Resolução CONAMA nº 396/08).

- **Potássio**

Não há limite legal de concentração para este parâmetro.

A **Figura 29** apresenta os valores obtidos de potássio ao longo do monitoramento. Os valores de potássio variaram de 0,394 mg/L (PM-01; novembro 2016) a 22 mg/L (PM-04; fevereiro 2015).

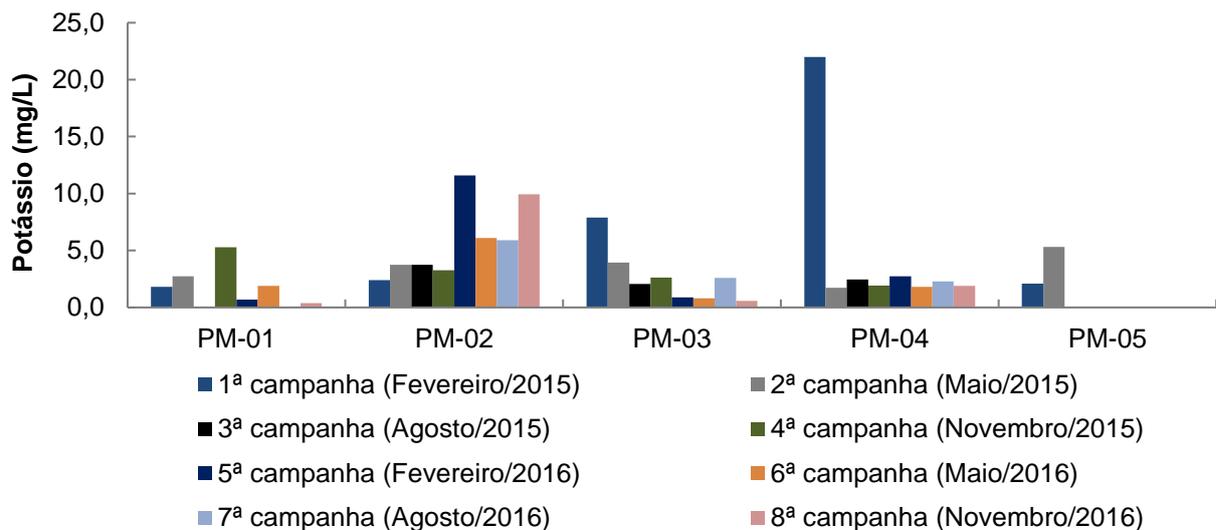


Figura - 29: Concentrações Potássio das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- **Sódio**

Em todo o monitoramento, as concentrações de sódio estiveram abaixo do limite máximo previsto pela legislação vigente (**Figura 30**).

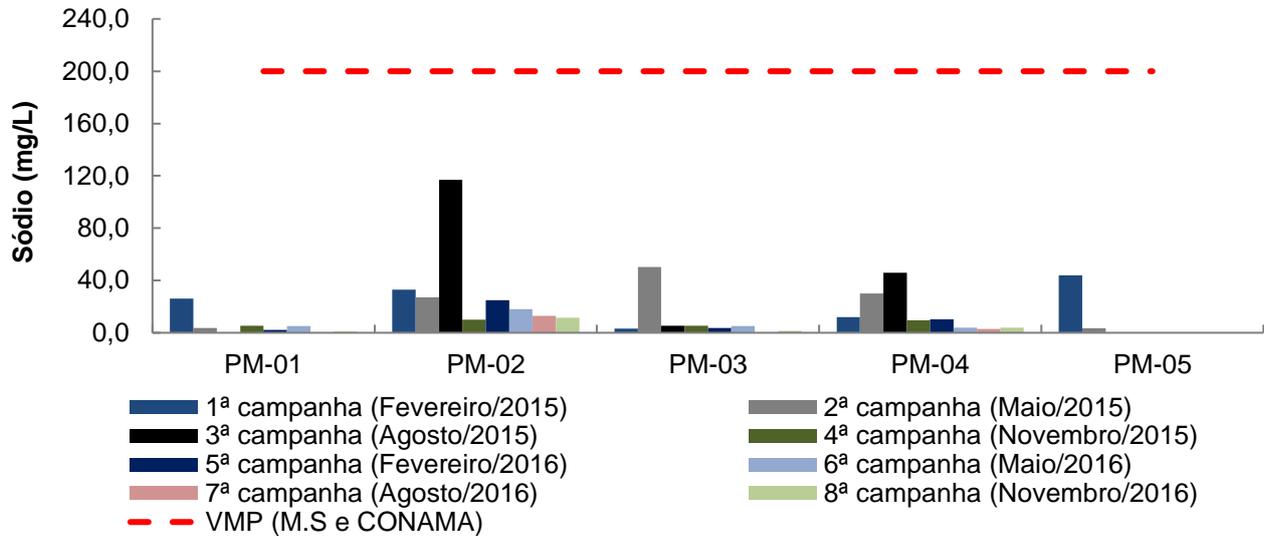


Figura - 30: Concentração de sódio das águas subterrâneas referente às oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

4.5.2.4. VARIÁVEIS MICROBIOLÓGICAS

As concentrações de microrganismos do grupo dos coliformes totais ao longo do monitoramento estão apresentadas na **Figura 31**. A espécie indicativa de contaminação fecal *Escherichia coli* esteve ausente nas amostras de água em todos os cinco pontos de monitoramento.

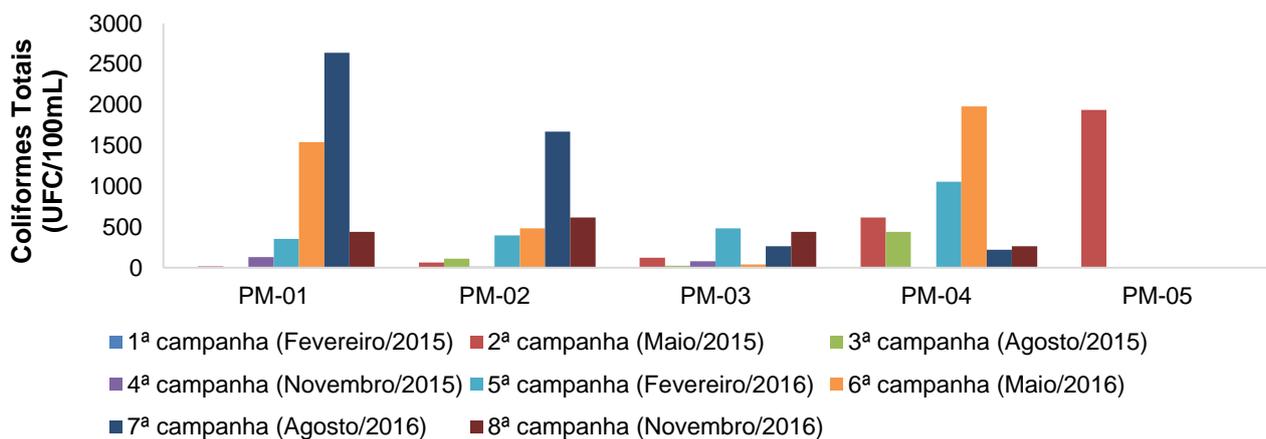


Figura - 31: Concentração de coliformes totais das águas subterrâneas referente a oito campanhas amostrais para avaliação da qualidade da água na AID da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

4.5.2.5. COMPOSTOS ORGÂNICOS

Atendendo ao Parecer Técnico PAR. 2478/2014 – COHID/IBAMA, foram incluídos nas análises de água: a) Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs); b) Hidrocarbonetos Monoaromáticos, conhecidos como BTEX: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos; c) Aldicarb, Carbofenan e Pentaclorofenol. Todas as concentrações desses compostos foram inferiores aos limites quantificáveis, portanto, os resultados estão em conformidade com os valores máximos permitidos para todas as amostras dos poços, conforme pode ser observado nos laudos laboratoriais apresentados no **Anexo II**.

5. JUSTIFICATIVAS (ANÁLISES DE CONFORMIDADE)

O presente relatório apresentou os resultados obtidos entre os meses de outubro de 2014 e dezembro de 2016, compreendendo oito campanhas de monitoramento.

Não foram identificadas dificuldades técnicas para a realização deste programa de monitoramento, considerando-se que as atividades encontram-se em atendimento e respeitando o cronograma planejado do PBA.

6. CRONOGRAMA – PREVISTO E EXECUTADO

Abaixo são apresentadas as atividades previstas e executadas no Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas.

UHE São Manoel no rio Teles Pires
Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

Atividades		Marcos																				
		Previsão/Realizado	↓ U ↓ Ensecadeira de 1ª Fase				↓ Ensecadeira de 2ª Fase				↓ Início enchimento do reservatório ↓ Comissionamento Unidade Geradora 1				↓ Entrada geração comercial última UG							
Item	Atividade	2014				2015				2016				2017				2018				
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	
ETAPAS		P/R																				
		IMPLANTAÇÃO																				
		OPERAÇÃO COMERCIAL																				
P10 - PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS																						
1	Inventário complementar e definição da rede de monitoramento	P																				
		R																				
2	Investigações de campo e instalação de piezômetros e poços	P																				
		A																				
		R																				
3	Mapeamento geológico e hidrológico	P																				
		R																				
4	Campanhas de campo	P																				
		R																				
5	Interpretação dos resultados	P																				
		R																				
6	Relatório Semestral	P																				
		R																				

Previsão	Realizado
Ajustado	Realizado
Realizado	Realizado

7. PROPOSTA DE CONTINUIDADE – FASE DE OPERAÇÃO

Considerando-se a visível estabilidade no padrão de comportamento do lençol freático e na ausência de moradores e de fontes de contaminação nas áreas do entorno do futuro reservatório, ou seja, que possam sofrer os impactos diretos da elevação do lençol freático em curto espaço de tempo, propõe-se que o monitoramento do nível freático ocorra trimestralmente nos primeiros dois anos após o enchimento, nos mesmos meses que está ocorrendo atualmente e mediante a avaliação dos resultados, constatando a estabilização do nível freático propor o encerramento ou continuidade do programa.

Quanto ao monitoramento de qualidade de água dos poços instalados no canteiro de obras propõe-se que este tenha continuidade em periodicidade trimestral até o final da obra e em até um ano após o término da obra.

A seguir é apresentado o cronograma proposto para a continuidade de monitoramento durante a fase de operação da usina, considerando-se os 04 (quatro) primeiros anos de operação.

8. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABGE (2013). *Manual de Sondagens-Boletim* nº 03, 5ª edição. São Paulo/SP

Almeida, F.F.M. de & Nogueira Filho, J. D. V. Reconhecimento Geológico no Rio Aripuanã. *Boletim DGM*, n. 199, 1959. 44p.

Almeida F.F.M., Neves B.B.B., Fuck R.A. (1977), *Províncias Estruturais Brasileiras*. In: SBG, VIII Simp. Geol. Nordeste, Campina Grande, Atas p. 363-391.

Amaral, G. (1974), *Geologia Pré-Cambriana da região amazônica*. 1974. 212p. Tese (Mestrado), Instituto de Geociências – Depto. de Paleontologia e Estratigrafia, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo.

BERTOLO, R., A.; MARCOLAN, L., N., O.; BOUROTTE, C., L. *Relações Água-Rocha e a Hidrogeoquímica do Cromo na Água Subterrânea de Poços de Monitoramento Multiníveis de Urânia, SP, Brasil*. *Geologia USP, Série Científica*, São Paulo, v. 9, n. 2, p 47-62, junho-2009.

Bettencourt, J. S. (1992), *Pesquisa geológica, metalogenética e mineral do Craton Amazônico* (Sistematização crítica de parte da obra no período compreendido entre 1980 e 1982). 1992 (Tese de Livre-Docência).

Cordani U.G., Tassinari C.C.G., Teixeira W., Basei M.A.S., Kawashita K. (1979), Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: *Congresso Geológico Chileno, 2*, Arica, Actas, pp 137-148.

Cordani, U.G. & Brito Neves, B.B. (1982), *The geologic evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic*. *Rev. Bras. Geoc.*,12(1/3): 305-312.

CPRM- *Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais*. Mapa Geológico do Estado do Mato Grosso na escala 1:250.000. Cuiabá. 2004.

CPRM- *Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais*. Mapa Geológico do Estado do Parána escala 1:250.000. Belém. 2004.

FEITOSA, F.A.C. et al. 2008. **Hidrogeologia**: Conceitos e Aplicações. 3a ed. revidado. e ampliado. - Rio de Janeiro: CPRM: LABHID,2008. 812p.

Gibbs, A. K.; Barron, C. N. (1983) *The Guiana Shield reviewed*. *Episodes*, v. 2, p. 7-14.

Hasui, Y., Haralay, N.L.E. & Schobbenhaus, C. (1984), *Elementos geofísicos e geológicos da Região Amazônica: subsídios para o modelo geotectônico*. Anais I Simpósio de Geologia da Amazônia,2; 129-141, Manaus.

Issler, R. S.; Lima, M. I. C. de. (1987), Amazonian Craton (Brasil) granitogenesis and its relation to geotectonic units. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, Rio de Janeiro, v.17, n.4,1987, p.426-441.

LEME/CONCREMAT. *Estudo de impacto ambiental Da Usina Hidrelétrica São Manoel no rio Teles Pires*, Mato Grosso/Pará. 2011. Volume 2.

Macambira, J.B., Ramos, J.F.F., Assis, J.F.P. & Figueiras, A.J.M. (1990), *Projetos Serra Norte e Pojuca*, Relatório final. Convênio DNPM/DOCEGEO/UFPA, Belém.

Oliveira, C.C. de; Albuquerque, M. C. Programa *Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Província Mineral de Alta Floresta (PROMIN Alta Floresta)*. Geologia e Recursos Minerais da Folha Alta Floresta-SC. 21-Z-X-C. Brasília: CPRM, 2005.

Santiago, A.F.; Santos, J.O.S.; Maia, R. G. N. Estratigrafia preliminar da Bacia Sedimentar do Alto Tapajós. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 31, 1980, Balneário Camboriú. Anais... Balneário Camboriú: SBG, 1980, v. 2, p. 786-797.

Santos J.O.S. & Loguércio S.O.C. (1984), A parte meridional do Cráton Amazônico (Escudo Brasil Central) e as Bacias do Alto Tapajós e Parecis-Alto Xingu. In: Schobbenhaus C., Campos D.A., Derze G.R., Asmus H.E. (coords.) 1984. *Geologia do Brasil*. Texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica adjacente incluindo Depósitos Minerais, Escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM. 501 p.

Santos, J.O.S.; Hartmann, L.A., Gaudette, H.E, Groves, D.I., McNaughton, N.J. & Flecher, I.R. (2000), *New understanding of the Amazon Craton provinces, based on field work and radiogenic isotope data*. *Gondwana Research*, 3: 453-488.

SHUQAIR, S.M.S. Estudo da contaminação do solo e água subterrânea por elementos tóxicos originados dos rejeitos das minas de carvão de Figueira no Estado do Paraná. (2002). Tese de Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Materiais. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada à USP, São Paulo, SP, 117p.

Tassinari, C. C. G. (1981), *Estudo geocronológico pelos métodos Rb/Sr e K/Ar em rochas da Folha Se.21 Corumbá*. Goiânia, RADAMBRASIL, 20 p. (Relatório Interno 408-G).

Tassinari, C.C.G. (1996), *O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos*. 139p. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo. (Tese de Livre-doscência).

Tassinari, C.C.G., Cordani, U.G., Nutman, A.P., Van Schmus, W.R., Bettencourt, J.S., Taylor, P.N., (1996), Geochronological systematics on basement rocks from the Rio Negro–Juruena Province (Amazonian Craton), and tectonic implications. *Intern. Geology Review*, v..38, n.2, pp. 1161- 175.

Tassinari, C.C.G. & Sato, K. (1997), Principais eventos de acreção continental no Cráton Amazônico, baseados em idade modelo Sm-Nd, calculada em evoluções de estágio único e estágio duplo. In: COSTA, M.L. & ANGÉLICA, R.S. (coords.). *Contribuições à Geologia da Amazônia*, v.1, p.91-142.

Teixeira, W., Tassinari C.C.G., Cordani U.G., Kawashita K. (1989), A review of the geochronology of the Amazon CRio Alegre Terrain: Tectonic Implications. *Precambrian Research*, 42:213-227.

Valente, C. R. Aspectos Geológicos e Tectônicos da Província Mineral Alta Floresta – PROMIN: Um estudo a partir da utilização de sensoriamento remoto. Relatório de Fotointerpretação Geológica. CPRM/DGM, Rio de Janeiro. 1998.

Vasquez, M.L., Ricci PSF & Klein EL. (2002), Granitóides pós-colisionais da porção leste da Província Tapajós. In: KLEIN EL, VASQUEZ ML & ROSA-COSTA LT (Eds.). *Contribuições à geologia da Amazônia*. SBG-Núcleo Norte, Belém, vol. 3, 67-83.

9. ANEXOS

ANEXO I. Limites estabelecidos para as variáveis da água analisadas no Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas da UHE São Manoel.

ANEXO II. Laudos das Análises Laboratoriais

ANEXO III. Banco de Dados