

PMH

# Programa de Monitoramento Hidrogeológico

*Preparado para*

CELSE

Setembro, 2017





# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Objetivo .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Metas .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Atendimento a legislação e outros requisitos.....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Público-alvo.....</b>	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>Aspectos metodológicos .....</b>	<b>6</b>
7.1	Abrangência .....	6
7.2	Instalação de poços de monitoramento .....	6
7.3	Levantamento topográfico .....	10
7.4	Monitoramento de água subterrânea .....	10
7.4.1	Medição do nível d'água e análise do fluxo das águas subterrâneas.....	11
7.4.2	Amostragem de água subterrânea .....	11
7.4.3	Análise laboratorial.....	12
7.4.4	Periodicidade das Campanhas.....	14
7.5	Eventos Acidentais.....	14
7.6	Produtos.....	15
<b>8</b>	<b>Indicadores.....</b>	<b>16</b>
<b>9</b>	<b>Inter-relação com outros programas.....</b>	<b>16</b>
<b>10</b>	<b>Recursos materiais e humanos .....</b>	<b>16</b>
<b>11</b>	<b>Cronograma de execução das atividades .....</b>	<b>17</b>
<b>12</b>	<b>Referências.....</b>	<b>19</b>

## Figuras

FIGURA 1: MACROLOCALIZAÇÃO DO COMPLEXO TERMOELÉTRICO PORTO DE SERGIPE I.....	1
FIGURA 2: DIAGRAMA DAS ESTRUTURAS QUE COMPÕEM AS UNIDADES DO COMPLEXO TERMOELÉTRICO PORTO DE SERGIPE I.....	2
FIGURA 3: LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO A SEREM INSTALADOS.....	9

## Quadros

QUADRO 1: IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS CONTEMPLADAS PELO PMH.....	3
QUADRO 2: REQUISITOS INTERVENIENTES RELACIONADOS AO PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROGEOLÓGICO .....	5
QUADRO 3: PONTO DE MONITORAMENTO HIDROGEOLÓGICO DURANTE A FASE DE IMPLANTAÇÃO .....	6
QUADRO 4: COORDENADAS UTM SUGERIDAS E JUSTIFICATIVA DOS POÇOS A SEREM INSTALADOS .....	7
QUADRO 5: CRONOGRAMA DO PMH - FASE DE IMPLANTAÇÃO.....	18
QUADRO 6: CRONOGRAMA DO PMH - FASE DE OPERAÇÃO .....	18

# Tabelas

TABELA 1: CRITÉRIOS DE ESTABILIZAÇÃO DE PARÂMETROS HIDROGEOQUÍMICOS .....	12
TABELA 2: PARÂMETROS A SEREM ANALISADOS NAS AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E VMP .....	12

# 1 Introdução

O Complexo Termoelétrico Porto de Sergipe I será implementado na cidade de Barra dos Coqueiros, estado de Sergipe. Este empreendimento é composto por três unidades principais básicas, sendo: uma unidade flutuante de armazenamento e regaseificação offshore (FSRU), uma usina termoelétrica (UTE) e a linha de transmissão (LT) para realizar direcionamento da energia produzida para o sistema público e, a partir da queima de gás natural, possuirá potência instalada de 1.516 MW. A Figura 1 a seguir apresenta a macrolocalização do Complexo Termoelétrico Porto de Sergipe I.

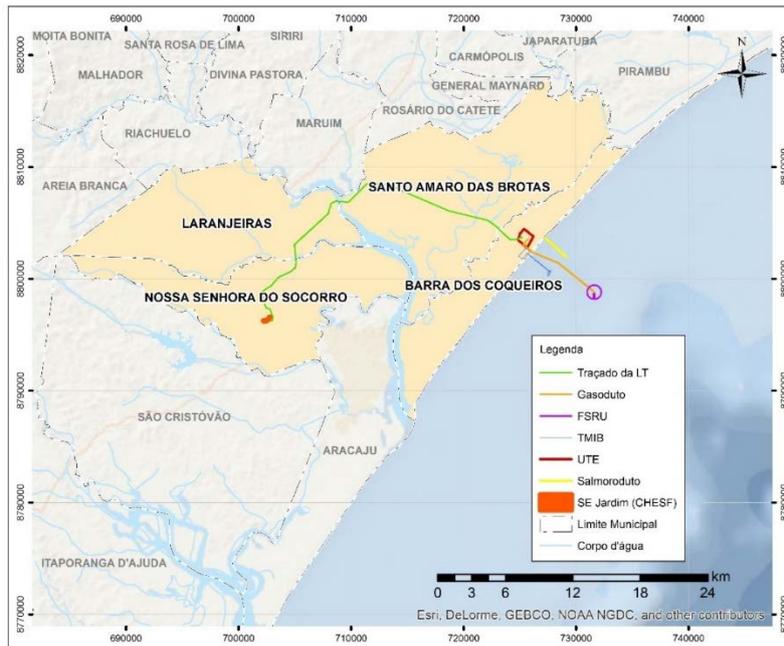


Figura 1: Macrolocalização do Complexo Termoelétrico Porto de Sergipe I

O processo de geração de energia elétrica deste complexo é iniciado no recebimento do combustível, gás natural em sua forma liquefeita, transportado por navios metaneiros (LNGC) até a Unidade Flutuante de Armazenamento e Regaseificação (FSRU), sendo este dotado de um sistema de regaseificação, localizado a 6,5 km da linha de costa, atrelado a um Sistema de Ancoragem Submerso denominado *softyoke*. Este sistema de ancoragem permitirá a livre rotação da FSRU e proporcionará a interligação desta unidade ao gasoduto e direcionamento do combustível à usina. O gasoduto, por sua vez, inicia-se no flange de conexão do *softyoke* e termina no flange de entrada da UTE Porto de Sergipe I em terra. Em virtude disso, o mesmo apresenta 6,5 km de extensão na parte marítima, sendo complementado até a área da usina por 1,2 km na porção terrestre.

A usina termoelétrica, localizada a cerca de 1,2 km da linha de praia, utilizará o gás natural como combustível para geração de energia elétrica em Ciclo Combinado<sup>1</sup>. Para atender aos processos envolvidos com a operação da UTE haverá captação de água do mar por uma adutora de 2,6 km de extensão (1,2 km na parte terrestre e 1,4 km na marinha), interligada a uma estação de bombeamento. Além disso, os efluentes gerados na usina, por sua vez, serão lançados no mar a partir

<sup>1</sup> Configuração de geração termoelétrica conjugando a geração de turbinas a gás e turbinas a vapor. Ou seja, realiza-se a recuperação térmica dos gases de exaustão das turbinas a gás para acionar o ciclo a vapor.

do emprego de um emissário submarino de 1,2 km de extensão na região marinha, cuja saída localiza-se a cerca de 400 m antes da tomada d'água da adutora.

A energia elétrica gerada na usina será conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN) pela terceira unidade do sistema, constituída por uma Linha de Transmissão de 500 kV e extensão de 34 km, conectando a Subestação Elevadora da UTE Porto de Sergipe I à Subestação Jardim, localizada no município de Nossa Senhora do Socorro.

A Figura 2 apresenta o diagrama simplificado do empreendimento, com as estruturas distribuídas entre Linha de Transmissão, UTE e *Offshore*, indicando se a estrutura está localizada em ambiente marinho ou terrestre.



Figura 2: Diagrama das estruturas que compõem as unidades do Complexo Termoelétrico Porto de Sergipe I

Considerando as características previamente apresentadas, constituído por instalações terrestres e uma parte em mar territorial, para execução dos processos de licenciamento do empreendimento foi necessária a elaboração de dois Estudos de Impacto Ambiental, sendo um englobando as estruturas da Usina Termoelétrica e a Linha de Transmissão protocolado junto à Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA), órgão ambiental estadual de Sergipe (Processo nº 2015-005732/TEC/LP-0082), e outro para a unidade *Offshore*, direcionado ao Instituto Nacional do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) sob o Processo nº 02001.102580/2017-41.

Dessa forma, o Programa de Monitoramento Hidrogeológico (PMH) baseou-se nas avaliações contidas no EIA protocolado junto à ADEMA, acrescidas das informações dos Estudos Complementares da UTE e da LT, emitidos em abril de 2017, os quais indicaram a vulnerabilidade do aquífero freático local a eventuais casos contaminação.

Neste sentido, as ações descritas visam monitorar a qualidade das águas subterrâneas na área do empreendimento onde ocorrerão intervenções durante a etapa de operação, que podem causar alterações nos aquíferos e na qualidade das águas subterrâneas. O Quadro 1 a seguir apresenta as estruturas abrangidas por este programa:

Quadro 1: Identificação das estruturas contempladas pelo PMH

Empreendimento	Estrutura		Ambiente
Offshore	FSRU		Marinho
	Soft-Yoke		
	Gasoduto		
UTE	Adução e Emissário		Terrestre
	Faixa de Dutos		
	Estação de Bombeamento	X	
	Usina Termelétrica	X	
LT	Subestação Elevatória		Terrestre
	Linha de Transmissão		
	Bay de Conexão (SE Jardim)		

Ressalta-se que nenhuma das estruturas marinhas será abordada nas ações do referido programa, tampouco a linha de transmissão, pois os impactos relacionados ao aquífero subterrâneo não foram considerados significativos nos estudos anteriores que subsidiaram o processo de licenciamento do empreendimento, conforme será explicitado nas próximas seções.

## 2 Justificativa

De acordo com Estudo Ambiental Complementar da Usina Termoelétrica Porto de Sergipe I, que envolveu dentre outras atividades a instalação e amostragem de poços provisórios de caracterização do aquífero subterrâneo, foi possível observar que o nível freático na área do projeto é relativamente raso oscilando entre 4 e 7 metros de profundidade, e a camada de solo não saturado é constituída por sedimentos arenosos de alta permeabilidade, configurando, então, uma situação de vulnerabilidade do aquífero freático à poluição.

O processo de instalação das estruturas da UTE abrangerão atividades de obra civil, montagem eletromecânica e pacotes *turnkey*, que podem por meio de vazamentos, derramamentos, disposição temporária de equipamentos ou resíduos, e manuseamento de óleo lubrificantes interferir na qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.

Adicionalmente, a operação da UTE envolverá diversas atividades que também apresentam aspectos ambientais com potencial de interferência relacionados à qualidade das águas subterrâneas, os quais necessitam de ser controlados e monitorados. Dentre essas atividades destaca-se a movimentação e manutenção de equipamentos e máquinas, tratamento de efluentes, abastecimento de máquinas e veículos, reparo e manutenção de veículos e maquinários, manuseio e disposição temporária de resíduos sólidos diversos, bem como armazenamento de óleos lubrificantes e outros produtos químicos.

Dessa forma, o monitoramento hidrogeológico proposto será fundamental para acompanhar com maior detalhamento as propriedades dos recursos hídricos subterrâneos locais, e avaliar possíveis impactos sobre esse recurso atrelados às atividades do empreendimento. Cabe destacar que dentre outras atividades previstas do monitoramento de qualidade dos recursos, será realizada também a caracterização da cunha salina, com respectivo acompanhamento da mesma nas distintas épocas do ano.

## 3 Objetivo

São objetivos do Programa:

- Caracterizar com maior detalhamento a geometria do aquífero freático, sentido dos fluxos, transmissividade e demais parâmetros de interesse;
- Caracterizar a cunha salina na área de abrangência deste Programa;
- Monitorar e avaliar periodicamente a qualidade das águas subterrâneas na área de abrangência deste Programa;
- Identificar alterações decorrentes das atividades desenvolvidas pelo empreendimento;
- Estabelecer as medidas de controle e mitigação aplicáveis, de forma a atender aos requisitos das Resoluções CONAMA nº 396/2008 e CONAMA nº 460/2013, que altera a Resolução CONAMA nº 420/2009, e demais aspectos legais aplicáveis.

## 4 Metas

As metas traçadas para atender os objetivos deste programa são:

- Garantir que todos os parâmetros legais necessários sejam analisados;
- Comparação de 100% dos resultados das amostragens com os resultados das campanhas iniciais, prévias à instalação do empreendimento;
- Se identificado um histórico no qual as concentrações encontradas são superiores aos valores de referência e superiores às condições prévias ao empreendimento, realizar estudo de mitigação;
- Em caso de reclamações de alteração da qualidade e quantidade da água subterrânea, por parte da comunidade ou trabalhadores da obra contatar o reclamante em até 04 dias corridos após recebida sua reclamação;
- Elaborar e executar 01 Plano de Ação para cada reclamação;
- Elaborar e executar 01 Plano de Gestão de Área Contaminada, caso ocorra evento acidental com potencial de contaminação do meio.

## 5 Atendimento a legislação e outros requisitos

Considerando os aspectos legais aplicáveis, o Quadro 2 apresenta a lista de legislações, resoluções e normas atreladas à Instalação de Poços de Monitoramento, bem como o monitoramento de águas subterrâneas propriamente dito.

Quadro 2: Requisitos intervenientes relacionados ao Programa de Monitoramento Hidrogeológico

Legislação	Descrição
Resolução CONAMA nº 396/2008	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
Resolução CONAMA nº 460/2013, que altera a Resolução CONAMA nº 420/2009	Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e da água subterrânea quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.
ABNT/NBR 15495-1:2007	Refere-se a metodologia de projeto e construção de poços de monitoramento de águas subterrâneas em meios granulares
ABNT/NBR 15495-2:2008	Refere-se a metodologia de desenvolvimento de poços de monitoramento de águas subterrâneas em meios granulares
ABNT/NBR 16435:2015	Refere-se aos procedimentos de controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas
ABNT/NBR 15847:2010	Refere-se aos métodos de amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento
ABNT/NBR 13133:1994	Refere-se à execução do levantamento topográfico para conhecimento geral do terreno.

## 6 Público-alvo

O público alvo deste programa serão os funcionários próprios e terceirizados da CELSE além das comunidades circunvizinhas do empreendimento, abrangidas pela AID da UTE, bem como os órgãos envolvidos no processo.

O poder público será beneficiado pelas informações geradas no âmbito deste Programa, podendo vir a estimular, ou mesmo regular, o devido uso dos recursos hídricos da região. Merecem destaque no âmbito do setor público a prefeitura do município Barra dos Coqueiros e a ADEMA, órgão ambiental do estado de Sergipe.

Outras entidades que poderão se interessar pelos resultados do monitoramento são os órgãos estaduais atrelados às atividades de preservação do meio ambiente, notadamente o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe (BHRS). As informações geradas pelo monitoramento poderão incorporar a base de resultados da qualidade da água disponível para a região, evidenciando que não somente os órgãos ambientais são um público alvo, mas também a comunidade que se beneficia da possível utilização dessa água.

## 7 Aspectos metodológicos

O Programa de Monitoramento Hidrogeológico aqui descrito visa identificar eventuais alterações da qualidade da água subterrânea local, bem como delimitar e acompanhar a presença da cunha salina neste aquífero.

### 7.1 Abrangência

O Programa de Monitoramento Hidrogeológico (PMH) contemplará a área da UTE Porto de Sergipe I e sua ADA. A execução do referido programa se dará durante as fases de instalação e operação do Complexo Termoelétrico Porto de Sergipe I.

### 7.2 Instalação de poços de monitoramento

#### FASE DE INSTALAÇÃO

O Monitoramento Hidrogeológico ao longo da fase de instalação será realizado por meio da instalação de poços temporários e poços permanentes. A necessidade de instalação de poços temporários decorre das atividades que serão desenvolvidas nos locais, havendo necessidade de tamponamento.

A realização das atividades de monitoramento nesta etapa do empreendimento visa não somente complementar as informações de *baseline* da área, mas providenciar informações a respeito dos resultados das atividades potencialmente contaminantes, visando verificar se houve contaminação da matriz aquosa ao longo da implantação. O Quadro 3 a seguir apresenta os pontos de interesse para esta etapa e suas respectivas justificativas.

Quadro 3: Ponto de Monitoramento Hidrogeológico durante a Fase de Implantação

Poço de Monitoramento	Coordenadas UTM		Justificativa
	Sul (m)	Leste (m)	
PMC-01	724876	8803690	Poço de Controle à Montante da UTE
PMC-02	725362	8803475	Poço no meio da UTE
PMC-03	725444	8803189	Ponto Sentinela à Jusante da UTE
PMC-04	725696	8802752	Ponto de Monitoramento de NA
PMC-05	725991	8802486	Ponto da Casa de Bombas
PMC-06	726008	8802508	Ponto Controle próximo a primeira propriedade localizada perto da casa de bombas
PMC-07	725547	8803288	Ponto Controle Canteiro de Obras

Destes pontos elencados, apenas o PMC-02 e PMC-07 não serão permanentes, visto que nestes locais haverá atividades que necessitarão tamponamento dos mesmos. A figura a seguir apresenta a localização dos pontos previstos para a fase de implantação.

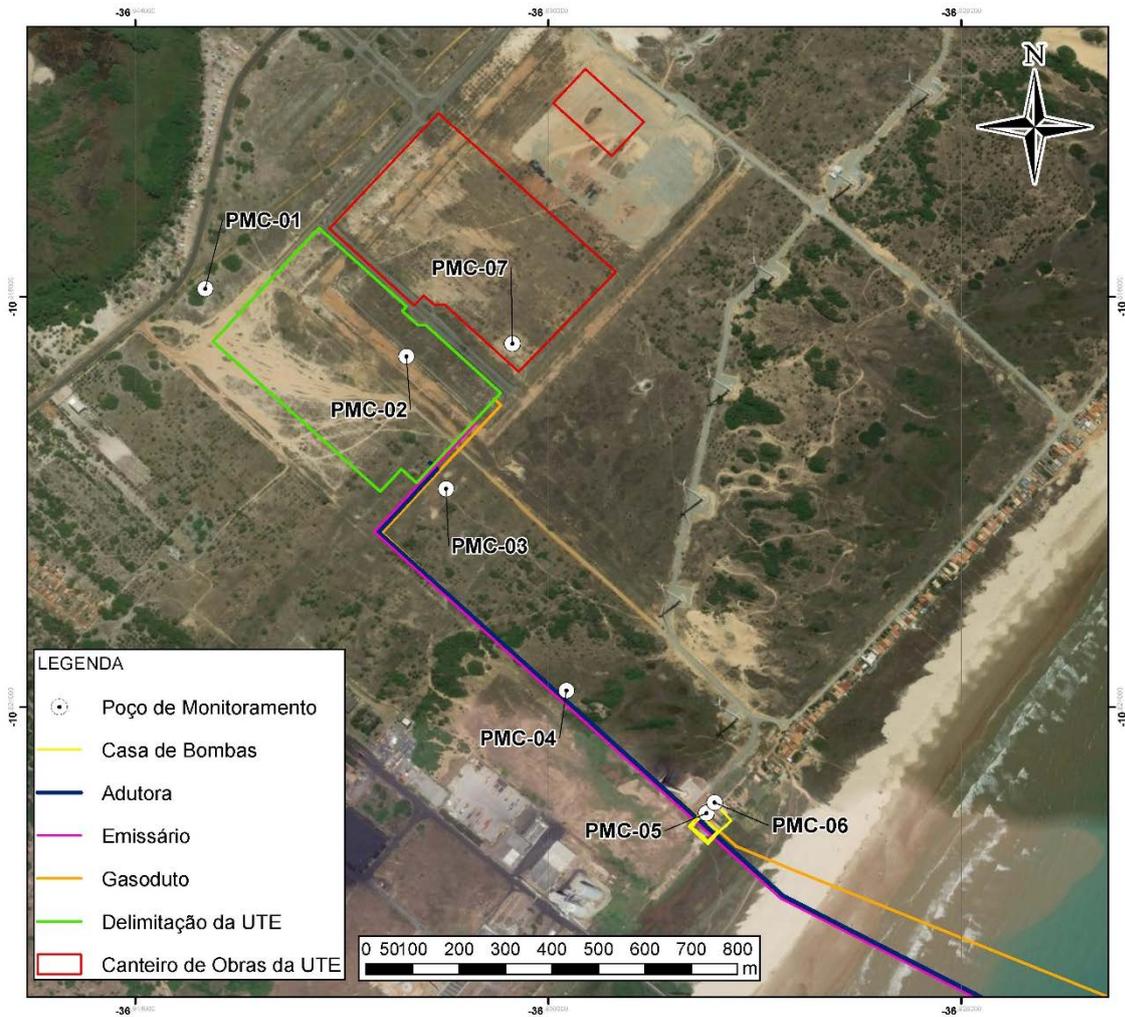


Figura 3: Localização dos poços de monitoramento a serem instalados - implantação

**FASE DE OPERAÇÃO**

Após as atividades de instalação, será iniciada a fase de operação do empreendimento na qual o Monitoramento Hidrogeológico terá continuidade com alteração de escopo visto às mudanças das operações envolvidas.

Além dos poços já considerados anteriormente, propõe-se a instalação de mais 8 poços de monitoramento permanentes, incluindo os poços PMC-02 e PMC-07 tidos como temporários na etapa anterior. As coordenadas de localização sugeridas estão apresentadas no Quadro 4, juntamente com a respectiva justificativa para a referida posição.

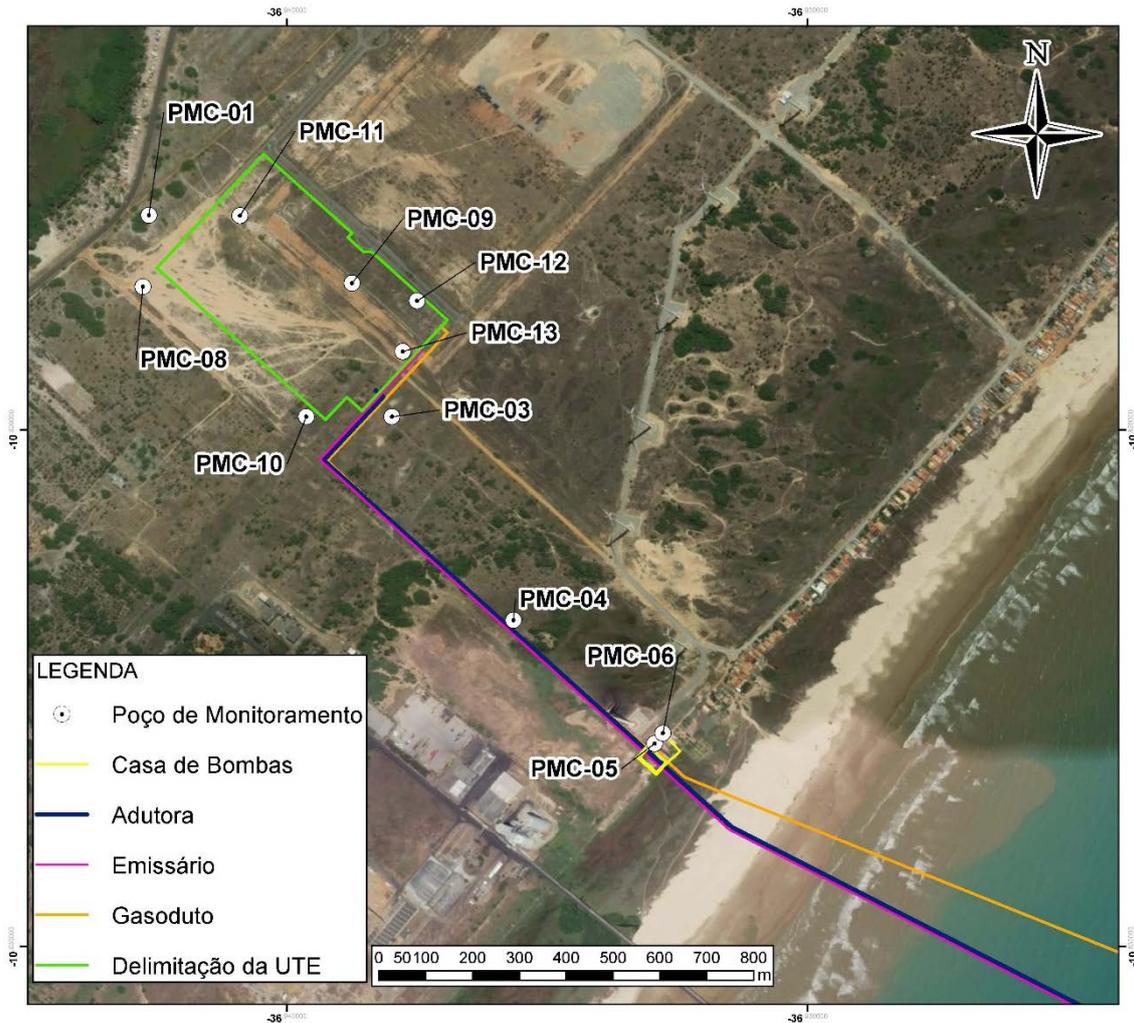
Quadro 4: Coordenadas UTM sugeridas e justificativa dos poços a serem instalados

Poço de Monitoramento	Coordenadas UTM <sup>1</sup>		Justificativa
	Sul (m)	Leste (m)	
PMC-01	724876	8803690	Ponto de Controle à jusante da UTE à noroeste
PMC-03	725444	8803189	Ponto de controle à Jusante da UTE à sudeste
PMC-04	725696	8802752	Ponto de Monitoramento de NA

Poço de Monitoramento	Coordenadas UTM <sup>1</sup>		Justificativa
	Sul (m)	Leste (m)	
PMC-05	725991	8802486	Ponto da Casa de Bombas
PMC-06	726008	8802508	Ponto Controle próximo a primeira propriedade localizada perto da casa de bombas
PMC-08	724923	8803471	Ponto de controle na torre de resfriamento
PMC-09	725362	8803475	Ponto de controle nas ilhas de potência
PMC-10	725264	8803190	Ponto de controle no limite sudoeste
PMC-11	725127	8803621	Ponto de monitoramento na área da subestação elevatória
PMC-12	725498	8803436	Ponto de monitoramento da área de armazenamento de produtos e resíduos
PMC-13	725547	8803288	Ponto próximo a área de tratamento de efluentes

<sup>1</sup> A localização aqui apresentada é uma sugestão inicial a ser aprimorada utilizando planta georreferenciada das instalações finais. Toda alteração será devidamente justificada e apresentada para informação do órgão ambiental competente.

A Figura 3 mostra a localização indicada dos poços de monitoramento sugeridos, destacando-se que tal malha pode ser refinada quando concluída a construção civil, baseando-se na planta georreferenciada das instalações e estruturas efetivas da UTE e demais unidades de apoio.



**Figura 4: Localização dos poços de monitoramento a serem instalados - operação**

Previamente à instalação dos poços serão realizadas sondagens investigativas nas localizações dos futuros poços de monitoramento, utilizando-se trado manual com 6" de diâmetro e/ou cravação contínua (*direct-push*) com 2" de diâmetro.

As sondagens ocorrerão conforme metodologia de perfuração da norma ABNT/NBR 15492:2007 – “Sondagem de Reconhecimento para fins de Qualidade Ambiental”, que estabelece os requisitos para execução de sondagens para reconhecimento de solos e rochas para fins ambientais. Durante as sondagens serão realizadas as descrições das litologias encontradas em cada ponto constituinte da malha amostral.

A instalação dos poços definitivos de monitoramento seguirá os procedimentos da norma ABNT/NBR 15495-1:2007 – “Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 1: Projeto e construção”. Para tanto, serão utilizados tubos ranhurados e lisos em PVC geomecânico de 2" de diâmetro, rosqueáveis entre si. O filtro possuirá ranhuras de 0,25 mm de abertura e na base da tubulação será colocado um *cap* para fechamento do fundo do tubo, utilizando cadeado caso o poço não contenha câmara de calçada.

A partir da perfuração do poço, será utilizado revestimento nos pontos onde as condições litológicas impedirem o “fechamento” do furo (como por exemplo, camadas arenosas saturadas, as quais podem impedir que a perfuração avance). Nestes casos, o tubo e o pré-filtro serão instalados por dentro do revestimento, sendo este removido após a instalação completa do poço.

O preenchimento em torno do filtro (pré-filtro) será feito com areia de diâmetro aproximado de 1 a 2 mm. Este material será disposto no poço de monitoramento até a cota aproximada de 0,5 metro acima do filtro. A partir disso, será, então, adicionada bentonita granulada (*pellet*) com água para obter um selo até 0,5 m acima do pré-filtro, além de uma mistura bentonita e água (*grout*), do selo de bentonita até aproximadamente 0,5 m da superfície do solo. Por fim, será realizada a preparação do selo de proteção sanitária com massa de cimento. Em caso de áreas externas não pavimentadas, o tubo será mantido cerca de 50 cm acima do nível do solo para garantir visibilidade e utilizar proteção de metal e tampa com cadeado.

Os procedimentos da Norma ABNT/NBR 15495-2:2008 – “Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 2: Desenvolvimento”, serão executados imediatamente após a instalação dos poços de monitoramento, a partir da utilização de válvula de retenção, pistão de desenvolvimento e mangueiras descartáveis de 16 mm de polietileno, de forma a promover a remoção dos resíduos da perfuração.

Além disso, de acordo com a norma ABNT NBR 15495-2:2008, será utilizada uma válvula de retenção vertical com a função de hidrojetear as paredes do poço para assentar o pré-filtro, de modo a impedir a formação de “pontes” de pré-filtro, permitindo, assim, a adequada acomodação do mesmo.

A profundidade de instalação dos poços de monitoramento será definida em campo, em função do nível d’água interceptado durante a sondagem, de modo a manter coluna d’água suficiente para coleta de amostra pelo método de baixa vazão e visando manter o trecho superior do filtro livre para as variações de nível d’água.

## 7.3 Levantamento topográfico

Após instalação dos poços, será realizado o levantamento topográfico para determinar e registrar as coordenadas UTM precisas estes, juntamente com suas cotas, a fim de possibilitar cálculo do sentido de fluxo das águas subterrâneas.

A topografia dos poços será realizada com a utilização de Estação Total, que permite a exatidão das informações levantadas sobre o terreno, de modo a fornecer as coordenadas georreferenciadas em sistema UTM, com precisão linear e angular. A Estação Total é constituída por um teodolito com um distanciômetro e um coletor de dados acoplados, podendo assim, medir e gravar ângulos e distâncias ao mesmo tempo. Posteriormente, estes dados são enviados a um *software* de georreferenciamento, de forma a elaborar um mapa da área.

O levantamento topográfico será feito de acordo com a Norma ABNT/NBR 13133:1994 – “Execução de levantamento topográfico”.

## 7.4 Monitoramento de água subterrânea

Para acompanhar a qualidade e quantidade do recurso hídrico subterrâneo, será realizado o monitoramento dos poços, com periodicidade semestral, conforme as diretrizes das Resoluções CONAMA nº 396/2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, e CONAMA nº 420/2009, que por sua vez dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

As campanhas de monitoramento terão periodicidade semestral abrangendo os períodos chuvosos e seco do ciclo hidrológico natural. As atividades terão início um mês após a Licença de Operação.

### 7.4.1 Medição do nível d'água e análise do fluxo das águas subterrâneas

Previamente a cada campanha de monitoramento semestral, serão realizadas inspeções visuais em toda malha de poços instalada para verificação de sua condição e operacionalidade. Na sequência, será realizada a medição dos níveis de água (NA) nos poços de monitoramento instalados, com auxílio de equipamento medidor Interface. Entre cada medição o medidor interface será higienizado utilizando uma mistura de água potável /deionizada e detergente livre de fosfato, para evitar possível contaminação cruzada.

As medições do NA serão realizadas no mesmo dia em todas as 13 estações (7 durante a fase de implantação) que constituem a malha amostral, a fim de possibilitar o entendimento do direcionamento do fluxo das águas subterrâneas.

A partir desses dados, para cada campanha de monitoramento, será gerado um mapa potenciométrico das águas subterrâneas na área de interesse para aquela data medida. O mapa potenciométrico será elaborado a partir da interpolação das cargas hidráulicas calculadas para cada poço medido. Este valor de carga hidráulica será obtido pela diferença entre os níveis de água medidos e a cota topográfica de cada poço.

### 7.4.2 Amostragem de água subterrânea

Para avaliação da qualidade de água, serão coletadas amostras da matriz subterrânea de todos os poços de monitoramento, utilizando-se os procedimentos de amostragem do método de baixa vazão (*Low Flow*), que seguem os pressupostos da norma ABNT/NBR 15847:2010 – “Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento — Métodos de purga” e da norma ABNT/NBR 16435:2015 – “Controle de qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas – Procedimento”.

No procedimento de coleta, serão preenchidas Cadeias de Custódia que registrem as amostragens realizadas, visando garantir a integridade das amostras no processo de direcionamento até o laboratório responsável pela execução dos ensaios analíticos.

Para a amostragem em baixa vazão será utilizada uma bomba de bexiga ou bomba peristáltica que permite o controle da vazão de bombeamento do poço, realizando as seguintes etapas para esta amostragem:

- Ajuste da vazão de bombeamento, de acordo com a taxa de recarga de cada um dos poços de monitoramento, devendo ser acompanhada a variação do nível d'água durante a amostragem e garantido que o NA não será rebaixado através do tempo;
- Controle do nível de água do poço, de forma a alcançar a estabilização da coluna de água e evitar o esgotamento do poço. Para o método de baixa vazão, o controle do nível de água é realizado por meio de taxas de bombeamento reduzidas (entre 0,05 L/min e 1,0 L/min), compatíveis com a capacidade de produção do poço, para que não causem o rebaixamento excessivo do nível de água, que deve ocorrer no máximo a 25 cm do nível estático. Durante o bombeamento, o NA é monitorado até que seja obtida a sua estabilização;
- Monitoramento *in situ* dos parâmetros indicativos de qualidade da água (salinidade, pH, potencial de oxirredução, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido) através da utilização de um medidor multiparâmetro para determinar a estabilização, início da coleta das amostras e fim da purga.

Este tipo de amostragem (baixa vazão) previne a perda de voláteis contidos nas amostras, minimizando mistura entre camadas, turbilhonamento e presença de bolhas de ar, além de se tratar de amostras mais representativas das condições ambientais presentes no local em estudo.

A purga de cada um dos poços é determinada pela estabilização dos parâmetros hidrogeoquímicos pH, temperatura, condutividade elétrica, potencial de oxirredução e oxigênio dissolvido, conforme os critérios da ABNT NBR 15847:2010, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Critérios de Estabilização de Parâmetros Hidrogeoquímicos

Parâmetros	Varição Permitida
pH	± 0,2 unidade
Condutividade elétrica (CE)	± 5% das leituras
Potencial de oxirredução (EH)	± 20 mV
Temperatura	± 0,5°C
Oxigênio Dissolvido (OD)	± 10% das leituras ou ± 0,2 mg/L

Fonte: ABNT NBR 15847:2010

Após a coleta, as amostras serão armazenadas em frascos devidamente identificados de polietileno ou vidro com preservantes quando necessário, e acondicionadas em recipientes refrigerados a baixa temperatura, até sua chegada no laboratório credenciado para execução das análises físico-químicas e microbiológicas.

### 7.4.3 Análise laboratorial

O laboratório contratado será responsável por analisar os parâmetros selecionados utilizando métodos de referência estabelecidos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, que apresentem limite de quantificação igual ou menor ao VMP estabelecido pela resolução de forma a possibilitar a comparação.

- **Escopo Analítico**

Para o presente Programa está prevista a realização de uma primeira campanha de monitoramento um mês após a Licença de Instalação, esta primeira campanha expandirá o baseline existente visto que as atividades terão pouca interferência na área. Para a primeira campanha, devem ser analisados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros a serem analisados nas amostras de águas subterrâneas e VMP

PARÂMETROS	VMP
Resolução CONAMA nº 420/2009 (alterada pela Resolução CONAMA nº 460/2013)	
<b>Inorgânicos</b>	
Alumínio	3.500**
Antimônio	5*
Arsênio	10*
Bário	700*
Boro	500
Cadmio	5*
Chumbo	10*
Cobalto	70
Cobre	2.000*
Cromo	50*
Ferro	2.450**
Manganês	400**
Mercúrio	1*
Molibdênio	70
Níquel	20
Nitrato (como N)	10.000*
Prata	50
Selênio	10*
Vanádio	-
Zinco	1.050**
<b>Hidrocarbonetos aromáticos voláteis</b>	
Benzeno	5*
Estireno	20*
Etilbenzeno	300**

Tolueno	700**
Xilenos	500**
<b>Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos</b>	
Antraceno	-
Benzo(a)antraceno	1,75
Benzo(k)fluoranteno	-
Benzo(g,h,i) perileno	-
Benzo(a)pireno	0,7*
Criseno	-
Dibenzo(a,h)antraceno	0,18
Fenantreno	140
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	0,17
Naftaleno	140
<b>Benzenos clorados</b>	
Clorobenzeno (Mono)	700**
1,2-Diclorobenzeno	1000
1,3-Diclorobenzeno	-
1,4-Diclorobenzeno	300
1,2,3-Triclorobenzeno	(a)*
1,2,4-Triclorobenzeno	(a)*
1,3,5-Triclorobenzeno	(a)*
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	-
Hexaclorobenzeno	1*
<b>Etanos clorados</b>	
1,1-Dicloroetano	280
1,2-Dicloroetano	10*
1,1,1-Tricloroetano	280
<b>Etenos clorados</b>	
Cloreto de vinila	5*
1,1-Dicloroetano	30*
1,2-Dicloroetano - cis	(b)
1,2-Dicloroetano - trans	(b)
Tricloroetano - TCE	70*
Tetracloroetano - PCE	40*
<b>Metanos clorados</b>	
Cloreto de Metileno	20*

Clorofórmio	200
Tetracloroeto de carbono	2*
<b>Fenóis clorados</b>	
2-Clorofenol (o)	10,5
2,4-Diclorofenol	10,5
3,4-Diclorofenol	10,5
2,4,5-Triclorofenol	10,5
2,4,6-Triclorofenol	200*
2,3,4,5-Tetraclorofenol	10,5
2,3,4,6-Tetraclorofenol	10,5
Pentaclorofenol (PCP)	9*
<b>Fenóis não clorados</b>	
Cresóis	175
Fenol	140
<b>Ésteres ftálicos</b>	
Dietilexil ftalato (DEHP)	8
Dimetil ftalato	14
Di-n-butil ftalato	-
<b>Pesticidas organoclorados</b>	
Aldrin	(d)*
Dieldrin	(d)*
Endrin	0,6*
DDT	(c)*
DDD	(c)*
DDE	(c)*
HCH beta	0,07
HCH - gama (Lindano)	2*
<b>PCBs</b>	
TOTAL	3,5
<b>Resolução CONAMA nº 396/2008<sup>1</sup></b>	
<b>Inorgânicos</b>	
Nitrato (expresso em N)	10.000 µg/L
Nitrito (expresso em N)	1.000 µg/L
<b>Microorganismos</b>	
E. coli	Ausentes em 100 ml
Enterococos	-
Coliformes termotolerantes	Ausentes em 100 ml

<sup>1</sup> Adotado, de forma conservadora, os VMPs para Consumo Humano. No entanto, cabe destacar que este não é o uso dado à água subterrânea local na área do empreendimento.

- (a) Somatória para triclorobenzenos = 20 µg.L-1.
- (b) Somatória para 1,2-dicloroetenos = 50 µg.L-1.
- (c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 2 µg.L-1.
- (d) Somatória para Aldrin e Dieldrin = 0,03 µg.L-1.

\* Padrões de potabilidade de substâncias químicas que representam risco à saúde definidos na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

\*\* Valores calculados com base em risco à saúde humana, de acordo com o escopo da Resolução CONAMA nº 420/2009. Diferem dos padrões de aceitação para consumo humano definidos na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde e dos valores máximos permitidos para consumo humano definidos no Anexo I da Resolução CONAMA nº 396/2008.

Após esta primeira campanha será realizada a validação deste escopo analítico e proposto o escopo específico a ser adotado durante sua aplicação, que incluirá parâmetros específicos de relevância frente as questões relacionadas ao empreendimento. Tal seleção deverá considerar os resultados obtidos, os usos preponderantes do aquífero, bem como as atividades desenvolvidas nas áreas do empreendimento.

Vale destacar que, em caso de comprovação de contaminação das águas subterrâneas devido às atividades do empreendimento, o Programa será revisado automaticamente de forma a proceder com as etapas de Gestão de Áreas Contaminadas, como prevê a Resolução CONAMA nº 420/2009, alterada pela Resolução CONAMA nº 460/2013, ou normativa mais atual quando da realização deste estudo.

Também serão coletadas amostras para controle de qualidade do trabalho de campo e de laboratório, sendo 1 branco de campo e 1 branco de equipamento para cada dia de trabalho, 1 duplicata a cada 5 amostras coletadas, e 1 branco de viagem para cada viagem realizada.

#### 7.4.4 Periodicidade das Campanhas

A execução do referido programa iniciará em fase implantação, após emissão da Licença de Instalação. Após esta, as demais campanhas terão periodicidade semestral de modo a coincidir com os períodos de maior e menor volume pluviométrico regional, sendo indicado, portanto, que ocorram em maio-junho e novembro-dezembro de cada ano.

O Programa será aplicado por todo tempo de instalação e um período de 3 anos de operação, após o qual deverá ser realizada a compilação dos resultados e avaliação da necessidade da continuidade de sua aplicação, ou reajuste do escopo amostral. Neste momento, será realizada a revisão dos parâmetros de análise, a avaliação da necessidade de manutenção da rede de poços de monitoramento, podendo esta ser reduzida ou modificada, e indicadas as justificativas que balizem o encerramento ou direcionem para a continuidade do monitoramento.

### 7.5 Eventos Acidentais

É inerente à instalação e operação de uma unidade industrial a execução de atividades que oferecem risco de contaminação do aquífero freático. Neste sentido, em caso de acidente que culmine no lançamento de produtos químicos e, ou, oleosos na área do empreendimento deverá ser posto em prática as ações de gestão de áreas contaminadas de acordo com as diretrizes dadas na Resolução CONAMA nº 420/2009, alterada pela Resolução CONAMA nº 460/2013.

A metodologia de gerenciamento de áreas contaminadas será composta basicamente pelos processos de identificação e reabilitação das áreas contaminadas. O processo de identificação possibilitará definir a existência e a localização das áreas contaminadas sob investigação e será composto por quatro etapas:

- Definição da região de interesse;
- Identificação de áreas com potencial de contaminação;
- Avaliação preliminar; e

- Investigação confirmatória.

Já o processo de reabilitação possibilitará a adoção de medidas corretivas e apresentará seis etapas:

- Investigação detalhada;
- Avaliação de risco;
- Concepção de remediação;
- Projeto de remediação;
- Remediação da área contaminada; e
- Monitoramento.

O processo de reabilitação das áreas eventualmente contaminadas não será abordado neste programa, uma vez que o gerenciamento dos riscos destas sobre os trabalhadores e a população do entorno à UTE integra todas as etapas de identificação e gestão de áreas contaminadas, bem como depende da situação ocorrida. Deste modo, entende-se que a avaliação da real necessidade e indicação do método a ser adotado para a reabilitação da área será produto destes estudos específicos de cada ocorrência.

O desenvolvimento da metodologia de estudo de cada área sob investigação irá prever etapas de priorização, em que serão considerados critérios como: características das fontes de poluição, das vias de transporte dos contaminantes e dos receptores a serem protegidos. Cabe ressaltar que todas as informações geradas durante as etapas do gerenciamento de áreas contaminadas serão armazenadas no Cadastro e Controle de Áreas Contaminadas.

Cumprir esclarecer que esta ação não tem periodicidade ou período de ação, uma vez que ela deverá ser posta em prática sempre que ocorrer evento acidental de possível contaminação do meio.

## 7.6 Produtos

Para avaliação do cumprimento dos objetivos do Programa e das metas estabelecidas, serão elaborados e documentados relatórios técnicos semestrais. Cabe destacar que o primeiro relatório, além dos dados do monitoramento hidrogeológico, incorporará os dados da instalação dos poços de monitoramento.

Tais relatórios deverão ser apresentados ao órgão ambiental estadual (ADEMA) em até 60 (sessenta) dias após o fim dos trabalhos em campo.

Ao fim do período de 3 anos de operação, deverá ser emitido o Relatório de Monitoramento Hidrogeológico Final, no qual será apresentada a compilação de todos os resultados obtidos, acrescidos de uma avaliação final da efetividade do Programa e previsão de sua continuidade ou não. Se necessário, será proposta adequação da malha amostral, bem como reavaliação do escopo analítico a ser adotado.

O relatório de instalação de poços de monitoramento será desenvolvido de forma a apresentar os seguintes itens:

- Perfis das sondagens investigativas nas localizações dos poços recém instalados;
- Perfil construtivo dos poços recém instalados;
- Análise qualitativa das atividades realizadas.

Os relatórios de monitoramento hidrogeológico descreverão os procedimentos normatizados e empregados na execução do monitoramento, bem como apresentarão os resultados obtidos, discussão e conclusão. Dessa forma, os relatórios devem conter, no mínimo, as seguintes informações:

- Marca, tipo ou classe e número de série de todos os equipamentos de medição utilizados;
- Data e número do último certificado de calibração de cada equipamento de medição;
- Desenho esquemático e/ou descrição detalhada dos pontos da medição;
- Datas de medição;
- Fichas de amostragem;
- Laudos analíticos e cadeias de custódia;
- Registros fotográficos.

Adicionalmente o relatório irá abordar os seguintes tópicos:

- Identificação de todas as áreas avaliadas;
- Análise comparativa dos resultados frente ao levantamento de base e outras medições realizadas anteriormente;
- Avaliação de tendências de distribuição das concentrações de substâncias registradas ao longo dos monitoramentos.

## 8 Indicadores

Os principais indicadores que avaliarão o atendimento das metas estabelecidas são:

- Concentrações e número de ocorrências de compostos acima do respectivo valor de referência e do baseline;
- Número de reclamações ou queixas da população localizada no entorno do empreendimento, relacionadas aos recursos hídricos subterrâneos, oriundas das atividades desenvolvidas pelo empreendimento.

## 9 Inter-relação com outros programas

O Programa de Monitoramento Hidrogeológico terá correlação direta com os programas listados abaixo, devendo se reportar, sempre que requisitado, aos seus responsáveis:

- Programas de Gestão Ambiental;
- Programa de Controle Ambiental de Obras.

Este programa também se relaciona diretamente com o de Comunicação Social, uma vez que deverá fazer a gestão de reclamações relacionadas às questões do aquífero subterrâneo, que, por ventura, sejam captadas pelos canais de comunicação definidos por aquele programa.

## 10 Recursos materiais e humanos

Para a instalação dos poços serão necessários os seguintes materiais, equipamentos e pessoal:

- EPIs (capacete com jugular, protetor auricular, óculos de proteção, luvas nitrílicas e botas de segurança);
- Insumos para instalação dos poços de monitoramento (tubos filtros e lisos de PVC geomecânico de 2" de diâmetro, rosqueáveis entre si, *cap* para fechamento dos tubos, areia,

bentonita, cimento, água e tampas de metal, válvulas de retenção, pistão de desenvolvimento e mangueiras descartáveis de 16 mm de polietileno);

- Máquina fotográfica e GPS;
- 1 geólogo, analista ou engenheiro ambiental para acompanhamento das atividades da equipe de sondagem e instalação de poços, com descrição dos perfis de sondagem e elaboração do relatório técnico;
- Equipe de sondagem e instalação de poços (no mínimo 3 profissionais com experiência na área de sondagem e instalação de poços);
- Equipe de levantamento topográfico (no mínimo 2 profissionais com experiência em trabalhos de topografia).

Para o monitoramento das águas subterrâneas está prevista a utilização dos seguintes recursos materiais, equipamentos e pessoal:

- 1 profissional habilitado para acompanhamento e supervisão das atividades de amostragem, medição do nível d'água, e para elaboração do relatório técnico;
- Equipe de amostragem (no mínimo 1 profissional com experiência na área de amostragem de águas subterrâneas);
- Bomba de bexiga ou bomba peristáltica;
- Medido multiparâmetro para aferição de parâmetros *in situ*;
- Medidor de Interface;
- Frascaria específica (a ser disponibilizada pelo laboratório de análises);
- Máquina fotográfica e GPS;
- Laboratório de análises ambientais.

## 11 Cronograma de execução das atividades

O monitoramento ocorrerá com periodicidade semestral compreendendo o ano hidrológico da região, que inclui as duas estações do ano (período chuvoso e período de seca). A amostragem no período chuvoso ocorrerá entre os meses de maio e junho, enquanto que a amostragem no período seco ocorrerá entre os meses de novembro e dezembro.

Diante disso, o cronograma que descreve a distribuição das atividades ao longo dos anos está apresentado no Quadro 5, considerando o período de execução previsto para o referido programa de 2 anos e meio durante a instalação e de 3 anos de operação, podendo se entender a depender dos resultados obtidos.

Quadro 5: Cronograma do PMH - Fase de Implantação

Atividades	Implantação										
	Trimestres/Ano 1		Trimestres/Ano 2				Trimestres/Ano 3				
	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	
Sondagem investigativa											
Instalação de poços de monitoramento											
Levantamento Topográfico											
Campanha de background											
Monitoramento de águas subterrâneas											
Entrega de Relatórios Semestrais (protocolo junto à ADEMA)											
Entrega de Relatório Final											

Legenda:

 Realização obrigatória de campanhas de monitoramento

- Entrega de relatório

Quadro 6: Cronograma do PMH - Fase de Operação

Atividades	Operação															
	Trimestres/Ano 1				Trimestres/Ano 2				Trimestres/Ano 3				Trimestres/Ano 4			
	1º	2º	3º	4º												
Monitoramento de águas subterrâneas																
Entrega de Relatórios Semestrais (protocolo junto à ADEMA)																
Entrega de Relatório Final																

Legenda:

 Realização obrigatória de campanhas de monitoramento

- Entrega de relatório

## 12 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13133: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15492: Sondagem de Reconhecimento para fins de Qualidade Ambiental. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15495-1: Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 1: Projeto e Construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15495-2: Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 2: Desenvolvimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16435: Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BRASIL. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Brasília, 2002.

CH2M HILL DO BRASIL ENGENHARIA LTDA. 2017. Estudo Ambiental Complementar do Complexo Termelétrico Porto do Sergipe. Barra dos Coqueiros/SE. Empresa Centrais Elétricas de Sergipe S.A.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA Nº 396, de 07 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.