

## **Aterro Municipal de Registro**

Estrada Municipal Professor Yokichiro, Km04,  
Bairro das Areias, Registro, SP.

# **INVESTIGAÇÃO DETALHADA E AVALIAÇÃO DE RISCOS**

Abril / 2017  
R005/17 – PR004/17

## Índice

<b>1. Introdução e Objetivos .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Informações Gerais.....</b>	<b>3</b>
2.1. <i>Descrição da Área .....</i>	<i>3</i>
2.2. <i>Caracterização do entorno .....</i>	<i>5</i>
2.3. <i>Presença de Áreas Contaminadas no Entorno .....</i>	<i>8</i>
2.4. <i>Histórico e Trabalhos anteriores executados na área .....</i>	<i>8</i>
<b>3. Aspectos Regionais e Meio Físico.....</b>	<b>11</b>
3.1. <i>Geologia.....</i>	<i>11</i>
3.2. <i>Hidrogeologia .....</i>	<i>11</i>
<b>4. Metodologias e Valores de Referência aplicados .....</b>	<b>13</b>
4.1. <i>Métodos dos Trabalhos de Campo .....</i>	<i>13</i>
4.1.1. <i>Sondagem e Instalação de Poços.....</i>	<i>13</i>
4.1.2. <i>Coleta das Amostras de Solo para Ensaio Geotécnico.....</i>	<i>15</i>
4.1.3. <i>Instalação e Desenvolvimento de Poços de Monitoramento.....</i>	<i>16</i>
4.1.4. <i>Coleta das Amostras de Água Subterrânea.....</i>	<i>16</i>
4.2. <i>Métodos dos Trabalhos em Laboratório.....</i>	<i>16</i>
4.2.1. <i>Análise de Amostra de Solo para Ensaio Geotécnico.....</i>	<i>16</i>
4.2.2. <i>Análises de Amostras de Água Subterrânea .....</i>	<i>17</i>
4.3. <i>Métodos dos Trabalhos de Gabinete .....</i>	<i>17</i>
4.3.1. <i>Elaboração do Relatório de Investigação Detalhada .....</i>	<i>17</i>
4.3.2. <i>Valores Orientadores Adotados.....</i>	<i>18</i>
4.3.3. <i>Ferramenta para Avaliação de Riscos.....</i>	<i>19</i>
<b>5. Serviços Executados .....</b>	<b>20</b>
5.1. <i>Nas Sondagens.....</i>	<i>20</i>
5.2. <i>Nos Poços de Monitoramento Instalados .....</i>	<i>25</i>
5.3. <i>Na Coleta de Amostras para Ensaio Geotécnicos .....</i>	<i>27</i>
5.4. <i>No Monitoramento Hidroquímico – Coleta de Amostras de Água Subterrânea .....</i>	<i>27</i>
5.5. <i>No Monitoramento Hidrogeológico.....</i>	<i>29</i>

<b>6. Resultados Obtidos.....</b>	<b>32</b>
<b>6.1. Resultados Obtidos nos Ensaios Geotécnicos.....</b>	<b>32</b>
<b>6.2. Resultados Obtidos no Monitoramento Hidroquímico – Análises Químicas de Água Subterrânea</b>	<b>33</b>
<b>7. Avaliação de Risco .....</b>	<b>49</b>
<b>7.1. Dados Utilizados .....</b>	<b>49</b>
<b>7.2. Resultados da Avaliação de Risco.....</b>	<b>50</b>
<b>8. Modelo Conceitual .....</b>	<b>53</b>
<b>9. Plano de Intervenção.....</b>	<b>55</b>
<b>9.1. Medidas Emergenciais .....</b>	<b>55</b>
<b>9.2. Medidas de Controle Institucional.....</b>	<b>55</b>
<b>9.3. Medidas de Acompanhamento de Qualidade Ambiental.....</b>	<b>56</b>
<b>9.5. Medidas de Remediação .....</b>	<b>57</b>
<b>10. Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>59</b>
<b>10.1 Conclusões .....</b>	<b>59</b>
<b>10.2 Recomendações .....</b>	<b>60</b>
<b>11. Equipe Técnica.....</b>	<b>62</b>
<b>12. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>63</b>

## **Tabelas**

**Tabela 5.1.1.1.** Resumo das Sondagens Executadas na Faixa 1

**Tabela 5.1.2.1.** Resumo das Sondagens Executadas na Faixa 2

**Tabela 5.2.1.** Características dos Poços de Monitoramento Instalados

**Tabela 5.3.1.** Identificação das Amostras de Solo

**Tabela 5.4.1.** Identificação das Amostras de Água Subterrânea

**Tabela 5.5.1.** Medições de Nível d'água, Fase Livre e Carga Hidráulica.

**Tabela 6.1.1.** Resultados dos Ensaio Realizados no Solo

**Tabela 6.2.1.** Resultados das Análises Químicas em Água Subterrânea e Comparação com os Limites de Intervenção CETESB

## **Figuras**

**Figura 1.1.** Localização e Vias de Acesso

**Figura 2.1.1.** Área Investigada

**Figura 2.2.1.** Caracterização do Entorno

**Figura 5.1.2.1.** Localização das Sondagens Impenetráveis, Sondagens para Instalação dos Poços de Monitoramento e Poços de Monitoramento Instalados.

**Figura 5.5.1** Mapa Potenciométrico

**Figura 6.2.1.** Pluma de Chumbo Acima dos Limites de Intervenção CETESB para Água Subterrânea

**Figura 6.2.2.** Pluma de Cobalto Acima dos Limites de Intervenção CETESB para Água Subterrânea

**Figura 6.2.3.** Pluma de Cromo Acima dos Limites de Intervenção CETESB para Água Subterrânea

**Figura 6.2.4.** Pluma de Níquel Acima dos Limites de Intervenção CETESB para Água Subterrânea

**Figura 9.2.1.** Mapa de Intervenção

## **Anexos**

**Anexo 01.** ART Anotação de Responsabilidade Técnica

**Anexo 02.** Declaração de Responsabilidade

**Anexo 03.** Perfis Litológicos e Construtivos dos Poços Instalados

**Anexo 04.** Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas

**Anexo 05.** Guias de Remessa de Amostras e Laudos Analíticos das Amostras de Solo e de Água Subterrânea

## 1. Introdução e Objetivos

Este relatório apresenta os resultados dos serviços de **Investigação Detalhada e Avaliação de Riscos**, realizados pela **Avatz Geologia e Engenharia Ambiental e de Segurança do Trabalho Ltda.**, na área do **Aterro Municipal de Registro**, situado na Estrada Municipal Professor Yokichiro, Km 04, Bairro das Areias, Registro, SP. A **Figura 1.1.** mostra a localização do empreendimento e suas vias de acesso.

O trabalho executado teve como objetivo realizar Investigação Ambiental Detalhada e Elaborar Avaliação de Risco à Saúde Humana em área onde opera o Aterro Municipal de Registro, considerando suas instalações atuais e pretéritas, dimensionando e delimitando as plumas de contaminação eventualmente existentes, através da execução de sondagens, instalação de poços de monitoramento, coleta e análise de amostras de água subterrânea para execução de análises químicas dos parâmetros de interesse.

De acordo com o Sistema de Posicionamento Global, a área onde foram executados os trabalhos encontra-se situado nas seguintes coordenadas UTM: **207.360,00 m E** e **7.286.554,00 m S, Zona 23J.**


As atividades de campo foram realizadas entre os dias 13 de fevereiro de 2017 e 09 de março de 2017. Os serviços foram executados segundo metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas contida no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB e também de acordo com a Decisão de Diretoria nº 020/2017/C, de 07 de fevereiro de 2017.

O **Anexo 01** apresenta a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) dos serviços realizados. O **Anexo 02** apresenta a Declaração de Responsabilidade Técnica e Legal.



**Legenda**

 Aterro Municipal de Registro

 Coordenadas UTM 207360.00 m E / 7286554.00 m S / Zona 23J



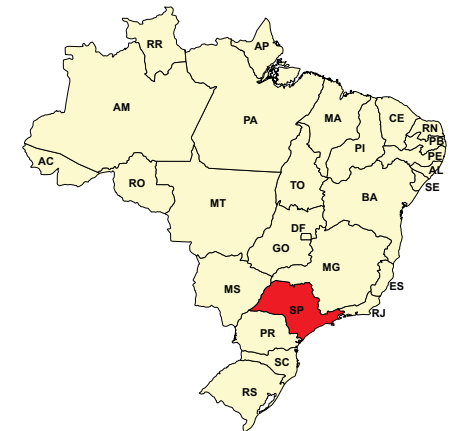
Fonte: <http://maps.google.com.br>



Fonte: <http://pt.wikipedia.org>



Fonte: Google Earth



*Figura 1.1. Localização e Vias de Acesso.*

Projeto:	Aterro Municipal de Registro.	Nº:	004/17.
Local:	Bairro das Areias, Registro - SP.	Data:	Abril / 2017.
Desenhado:	Eng. Dino Paulinetti.	Escala:	Gráfica.
Aprovado:	Geol. José Carlos Branco.		



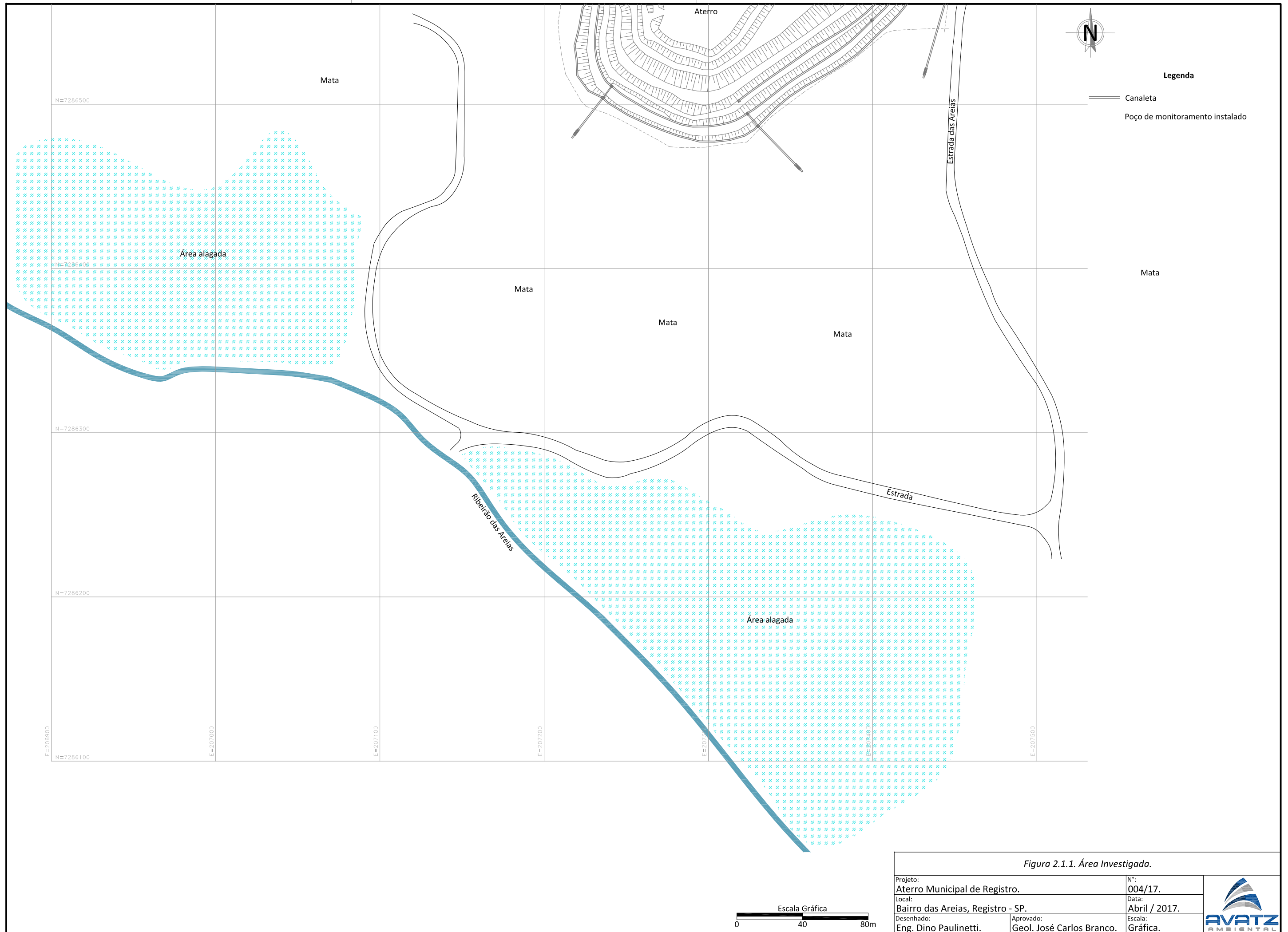
SEM ESCALA

## 2. Informações Gerais

### 2.1. Descrição da Área

A área do aterro pertence à Prefeitura Municipal de Registro. O início das atividades do aterro ocorreu no ano de 1964. Possui área total de 242.600m<sup>2</sup> localizada em terreno acidentado. O aterro é classificado como Aterro Controlado, conforme definição CETESB. A **Figura 2.1.1.** apresenta a área investigada.





## 2.2. Caracterização do Entorno

Foi realizado o levantamento de uso e da ocupação do entorno da área de interesse, em raio de 500 metros. Esse trabalho levou à conclusão de que o entorno tem uso predominantemente agrícola com presença de vegetação. Podem-se observar a partir do Norte, em sentido anti-horário, as seguintes feições:

- Setor Norte: Ocupado por vegetação nativa. Sem evidências de utilização humana;
- Setor Noroeste: Ocupado por vegetação nativa. Sem evidências de utilização humana;
- Setor Oeste: Área alagadiça margeando o Ribeirão das Areias. Evidências de uso agrícola (pequeno cultivo de arroz);
- Setor Sudoeste: Área alagadiça margeando o Ribeirão das Areias, com evidências de uso agrícola (pequeno cultivo de arroz).
- Setor Sul: Área alagadiça margeando o Ribeirão das Areias, com evidências de uso agrícola (pequeno cultivo de arroz);
- Setor Sudeste: Ocupado por vegetação nativa. Sem evidências de utilização humana;
- Setor Leste: Ocupado por vegetação nativa. Sem evidências de utilização humana;
- Setor Nordeste: Ocupado por vegetação nativa. Sem evidências de utilização humana;

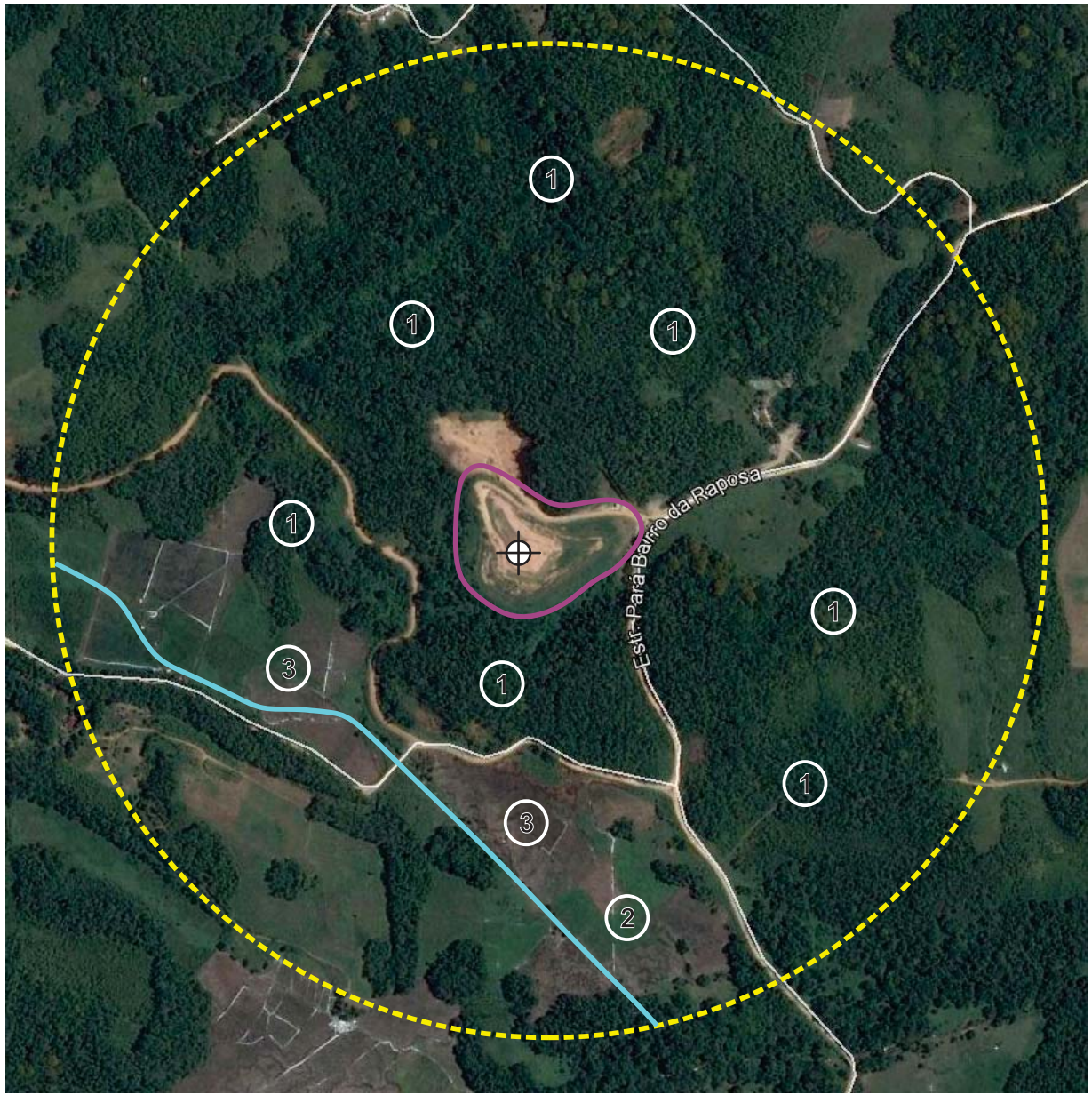
A ocupação da área pode ser resumida como sendo predominantemente representada por **vegetação nativa**, com presença de **atividade agrícola** nos setores oeste, sudoeste e sul, ocupando parcialmente **áreas alagadiças** associadas à **planície de inundação** da margem esquerda do **Ribeirão das Areias**, cujo curso está situado a cerca de 300 metros do aterro.

Dadas as características do aterro e do seu entorno, o empreendimento se enquadra na **Classe 3** segundo a NBR 13786:2014 da ABNT. Isso se dá em função do uso **potencial** da água subterrânea e superficial para abastecimento doméstico. A **Figura 2.2.1.** apresenta a caracterização do entorno. A **Foto 01.** Apresenta uma vista de área de entorno situada ao sul do aterro.



**Foto 01. Vista Sul do Entorno.**





**Legenda**

- Aterro Municipal de Registro
- + Coordenadas UTM 207360.00 m E / 7286554.00 m S / Zona 23J
- Raio de 500m
- 1 Vegetação
- 2 Plantação de arroz
- 3 Área alagada
- ~ Ribeirão das Areias



*Figura 2.2.1. Caracterização do Entorno.*

Projeto: <b>Aterro Municipal de Registro.</b>		N°: <b>004/17.</b>	
Local: <b>Bairro das Areias, Registro - SP.</b>		Data: <b>Abril / 2017.</b>	
Desenhado: <b>Eng. Dino Paulinetti.</b>	Aprovado: <b>Geol. José Carlos Branco.</b>	Escala: <b>Gráfica.</b>	

### 2.3. Presença de Áreas Contaminadas no Entorno

Pesquisa efetuada no Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas da CETESB indicou que **não há áreas contaminadas** cadastradas em **um raio de 500 metros** ao redor da área investigada.

### 2.4. Histórico e Trabalhos anteriores executados na área

Em **outubro de 2007** a Empresa **Arquipélago** realizou doze sondagens de reconhecimento, nas quais foram coletadas doze amostras de solo para análise dos parâmetros VOC, SVOC, HPA e metais.

Resultados obtidos:

- Não foram observadas concentrações acima dos valores de referência CETESB (2005) e USEPA (2004) para nenhum dos parâmetros analisados em solos, exceto na amostra ST-06 na qual foi identificado ferro (24.853,85 mg/kg) em concentrações acima do padrão de referência utilizado pela USEPA (2004).

Foi recomendado:

- Monitoramento anual da água do córrego existente na parte sul do aterro para acompanhamento de possível descarga de composto impactantes provenientes da atividade de resíduo doméstico.

Em **maio de 2009** a empresa **Arquipélago** realizou os trabalhos de **Investigação Ambiental Complementar**, que teve como objetivo avaliar a qualidade do solo e da água subterrânea em função da atividade de depósito de resíduo doméstico na área de estudo. Os trabalhos compreenderam a execução de sete sondagens de reconhecimento e a instalação de três poços de monitoramento de água subterrânea. Foram coletadas cinco amostras de solo e três amostras de água subterrânea para análise de compostos orgânicos voláteis (VOC), compostos orgânicos semivoláteis (SVOC), hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) e metais Lista CETESB.

Resultados obtidos:

- Os resultados analíticos das amostras de solo indicaram que as atividades de deposição de resíduos domésticos realizadas na área de estudo não geraram impacto nos pontos avaliados. Entretanto, a identificação de concentrações de VOC e TPH, mesmo que abaixo dos padrões de referência, indicaram alteração da qualidade do solo local;
- Na água subterrânea foram detectadas concentrações dos metais alumínio, chumbo, cobalto, ferro, manganês e mercúrio acima dos padrões de referência adotados. A presença de chumbo e mercúrio acima dos padrões de referência é indicativa da possibilidade da disposição de resíduos domésticos na área de interesse estar impactando o aquífero local. Deve ser salientado que os teores dos metais foram identificados em um poço de monitoramento posicionado logo a jusante do maciço de resíduos, em local onde o nível freático era bastante raso. A baixa profundidade do nível freático no local sugere a ocorrência de um lençol suspenso, eventualmente temporário.

Foi recomendado:

- A realização de campanhas semestrais de amostragem de água subterrânea por um período de um ano, equivalente a um ciclo hidrológico completo. Esse monitoramento teria como objetivo acompanhar as concentrações identificadas e, em caso de aumento destas, realizar o detalhamento da investigação ambiental;
- O monitoramento anual da água do córrego existente na parte sul do aterro para o acompanhamento de possível descarga de compostos impactantes proveniente da atividade de depósito de resíduo doméstico;
- A não utilização da água subterrânea no local;
- A implantação de medidas que permitissem a contenção do percolado do aterro (chorume) evitando sua migração para áreas externas.

Em **setembro de 2011** a empresa **Ackermann** realizou a coleta de amostras de água superficial no Ribeirão das Areias, a jusante do aterro, para análise de metais.

Resultado obtido:

- Através dos resultados da análise química quantitativa, constatou-se que o curso d'água não se encontrava contaminado com chumbo e mercúrio, elementos detectados acima dos padrões CETESB no aquífero freático (provavelmente suspenso) junto ao Vazadouro. Foi constatada a presença de ferro, elemento que interfere nas características organolépticas da água. Desta forma, concluiu-se que o curso d'água superficial não estava impactado pelo vazadouro.

Foi recomendada:

- A delimitação da pluma de contaminação junto ao aquífero subterrâneo da área.

A CETESB solicitou a execução da Investigação Detalhada e Avaliação de Risco no local. O presente trabalho atende a essa exigência.

### 3. Aspectos Regionais e Meio Físico

#### 3.1. Geologia

Regionalmente a área de interesse situa-se sobre rochas do **Complexo Brasileiro**, constituído por migmatitos, quartzo, sericita xistos e granitos. Dentre os migmatitos reconhecem-se os de estruturas estromatítica, denominadas de gnaiss de injeção. Macroscopicamente trata-se de rochas que exibem, quando frescas, a alternância de bandas leucocráticas e mesocráticas, de espessura centimétrica, que correspondem ao neossoma e paleossoma,

A área investigada propriamente dita ocorre sobre rochas metamórficas rejuvenescidas no ciclo Brasileiro. No local específico onde se situa o aterro, ocorrem pacotes de solos de alteração de **migmatitos estromatíticos** e de migmatitos indiferenciados. As sondagens efetuadas nos solos de alteração que ocorrem a jusante do aterro identificaram a presença do **topo rochoso** em profundidades que variaram de **4,0m a 10,0m**. Saliente-se que a jusante da área de disposição dos resíduos, mais precisamente a oeste e a sul da área, ocorrem sedimentos aluvionares holocênicos, associados às planícies de inundação do Ribeirão Areia e do Rio Carapiranga.

#### 3.2. Hidrogeologia

No que se refere à **água subterrânea**, o aquífero que ocorre na área é caracterizado como sendo de **natureza fissural**, associado a sistemas de fraturas que ocorrem nas rochas migmatíticas. Os sistemas de fraturas ocorrem predominantemente no sentido sudoeste – nordeste. Saliente-se que o aquífero freático pode assumir **também** características de **aquífero granular**, posicionado sobre o fissural, ocupando a porosidade dos solos de alteração dos migmatitos e dos sedimentos aluvionares recentes.



Do ponto de vista da **água superficial**, a área está inserida na **microbacia do Ribeirão das Areias**, tributário do Rio Carapiranga. A drenagem local apresenta média a alta densidade, obedecendo a um padrão subparalelo a sub-retangular, associado aos sistemas de falhas e fraturas que ali ocorrem. Ocorrem vales abertos a localmente fechados e planícies aluviais interiores desenvolvidas. A área de interesse está situada a cerca de 200 m do limite da área de várzea existente, associada à margem esquerda do Ribeirão das Areias e posicionada a 320 m do eixo do curso desse ribeirão.

## 4. Metodologias e Valores de Referência aplicados

### 4.1. Métodos dos Trabalhos de Campo

#### 4.1.1. Sondagem e Instalação de Poços

Inicialmente Foram executadas **nove** sondagens para reconhecimento da geologia local e do comportamento do lençol freático imediatamente a jusante do maciço de resíduos. As sondagens foram executadas com trado manual, em diâmetro de quatro polegadas, em posições situadas imediatamente a jusante de toda a frente do aterro. Saliente-se que **todas as sondagens executadas** chegaram a **topo rochoso** em profundidades que variaram de **2,0m a 9,0m**. Apenas **uma** delas (ST-03) interceptou água subterrânea a **0,50m** de profundidade, sendo ali instalado o poço **PM-02**. Depois, verificou-se que a água interceptada associa-se a **lençol suspenso**, uma vez que o local de realização dessa sondagem estava localizado próximo a uma das saídas da **rede de drenagem de águas pluviais** provenientes do aterro. Evidenciou-se assim a ocorrência em toda a frente do aterro de **solo de alteração** de rocha migmatítica, todo ele inserido na **zona vadosa**, à exceção do local onde foi instalado o PM-02. O pacote de solos está **posicionado sobre soleira rochosa** impenetrável ao trado manual. Tal fato **inviabilizou a estratégia de instalação de poços de monitoramento na faixa imediatamente a jusante do aterro**, pelas razões que serão apresentadas a seguir.

A alternativa para a instalação dos poços de monitoramento na faixa imediatamente a jusante do maciço de resíduos, impenetrável ao trado, seria a execução de **sondagens mecanizadas rotativas ou rotopercussivas**, que penetrassem na rocha até as profundidades de ocorrência do aquífero fissural freático. Entretanto essa alternativa **mostrou-se inexequível**. A área é ocupada por **mata natural** bastante densa, com presença de **indivíduos arbóreos de médio e grande porte**. Além disso, a área apresenta declividade superior a **30%**.

Para o eventual acesso de uma sonda mecanizada de grande porte aos locais de sondagem, seria necessária a abertura de cerca de **500m de via de acesso** para circulação de um **veículo de grande porte transportando a sonda**, o que demandaria a **remoção da vegetação** em uma faixa com **no mínimo 4,0m de largura**. Dessa forma, seria necessária a remoção de vegetação em uma área aproximada de 2.000 m<sup>2</sup>. Além disso, seriam necessários trabalhos de **movimentação de solos** (corte e aterro) para a abertura de um **acesso** à área que permitisse a entrada do caminhão e para a **regularização da topografia** em toda a área de circulação do veículo, de forma a permitir a sua circulação segura.

A **Foto 02** apresenta imagem do limite norte da área de mata fechada situada ao sul do aterro, imediatamente depois da cerca que demarca o seu limite.



**Foto 02. Mata Fechada e Cerca do Limite do Aterro.**

Dada a evidente impossibilidade da remoção da vegetação primária numa área de 2.000 m<sup>2</sup> e da execução dos trabalhos de corte e aterro, necessários à circulação do veículo com o equipamento de sondagem, as sondagens mecanizadas para instalação de poços de monitoramento em rocha, na faixa originalmente pretendida, foi **descartada**.

Optou-se então por instalá-los em uma segunda faixa, posicionada a jusante da primeira faixa e o mais próximo possível dela, em locais que não exigissem a execução de sondagens mecanizadas. Ou, caso o exigisse, não obrigasse a ações de desmatamento ou de movimentação de terra. A nova faixa escolhida situa-se paralela à estrada que circunda o maciço, posicionada a jusante dele. Nessa nova faixa, foram executadas **dezesesseis sondagens** a trado manual de quatro polegadas, nos quais foram instalados **dezesesseis poços** de monitoramento de água subterrânea em diâmetro de duas polegadas. Esses trabalhos seguiram as seguintes normas técnicas:

- **Execução de Sondagem:** as sondagens obedeceram a Norma ABNT NBR 15.492:2007 Sondagens de Reconhecimento para fins de qualidade Ambiental - Procedimento.
- **Instalação de Poços de monitoramento:** os poços foram instalados seguindo a Normal da ABNT NBR 15.495-1:2007 - Poços de Monitoramento de águas subterrâneas em Aquíferos granulares - Parte 1: Projeto e construção e ABNT NBR 15.495-2:2008 - Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 2: Desenvolvimento.

#### **4.1.2. Coleta das Amostras de Solo para Ensaio Geotécnico**

Os ensaios foram realizados conforme procedimentos preconizados pela resolução CONAMA 420/2009. Foram coletadas **três amostras** de solo para realização dos ensaios de **Ph, TOC, Análise Granulométrica, Porosidade Total, Porosidade Efetiva, Densidade de Partículas e Densidade Aparente**.

As amostras de solo selecionadas foram acondicionadas em frascos apropriados, imediatamente armazenados em caixa térmica, cuja temperatura foi mantida entre 2 °C e 4 °C. As amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório São Lucas, devidamente certificado para a Norma Iso IEC 17.025 e acreditado para todas as análises executadas.

#### 4.1.3. Instalação e Desenvolvimento de Poços de Monitoramento

Nos furos de sondagens executados, foram instalados **dezessete** Poços de Monitoramento (um na faixa inicial e dezesseis na segunda faixa), em tubulação geomecânica, com diâmetro de **duas polegadas**. Os poços foram dotados de seção ranhurada com **2,0m** de **comprimento**. As ranhuras tinham abertura de **0,50mm**. O restante do poço foi constituído por seção fechada. Em cada poço foi instalado **pré filtro** em areia quartzosa lavada, com **diâmetro médio de 1,00mm** e **selo de bentonita**. O restante da seção foi preenchido com **calda de cimento**. Para proteção do poço, foi instalada **proteção de concreto**, preenchendo a seção anelar constituída por tubo externo de PVC, com 250 mm de diâmetro e tubo interno de PVC, com diâmetro de 150 mm.

Sobre essa estrutura, foi instalada placa metálica, chumbada no concreto através de parafusos Alen. Depois de instalado cada poço, ele foi desenvolvido, de forma que a água ficasse livre de materiais particulados.

#### 4.1.4. Coleta das Amostras de Água Subterrânea

As amostras de água subterrânea foram coletadas pelo método de purga em regime de **baixa vazão**, conforme descrito na norma “ABNT NBR 15847 – Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga”. A coleta foi executada pelo laboratório **ASL Análises Ambientais**, acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação – CGCRE do INMETRO, conforme a Decisão de Diretoria nº 310/2014/E/C/I de 21/10/2014.

#### 4.2. Métodos dos Trabalhos em Laboratório

As amostras de solo e água subterrânea foram encaminhadas ao laboratório São Lucas para execução das análises químicas dos parâmetros de interesse, como a seguir.

##### 4.2.1. Análise de Amostra de Solo para Ensaio Geotécnico

Nas amostras de solo foram realizados os ensaios geotécnicos abaixo descritos através dos métodos também apontados.

- **pH:** USEPA 9045 D rev.04:2004 POPDAM092 vs.06:2013;
- **Carbono Orgânico Total:** POP PA 182 Rev 01;
- **Análise Granulométrica:** ABNT NBR 7181:1984 Errata 01:1988 ABNT NBR 6457:1986 ABNT N POPDAM110 vs.05:2015;
- **Porosidade Total:** EMBRAPA 1997;
- **Porosidade Efetiva:** EMBRAPA 1997;
- **Densidade de Partículas:** EMBRAPA 1997;
- **Densidade Aparente:** EMBRAPA 1997;

#### 4.2.2. Análises de Amostras de Água Subterrânea

As amostras de água foram analisadas para os parâmetros abaixo descritos através dos métodos também apontados.

- **Metais:** SMEWW 22ª Ed 2012 Método 3030E USEPA 6010 C rev. 03:2007 POPDAM060 vs.19:2015;
- **VOC:** USEPA 5021 A:2003 rev.01 USEPA 8260 C rev. 03:2006 POPDAM062 vs.12:2015;
- **SVOC:** USEPA 625:1984 USEPA 3600 C1996, rev.03 USEPA 8270 D rev. 04:2007 POPDAM063 vs.14:2015;
- **TPH Finger Print:** USEPA 3510 C:1996 rev.03 USEPA 8100 rev. 00:1986 USEPA 8015 C rev. 03:2007 POPDAM097 vs.12:2015.

#### 4.3. Métodos dos Trabalhos de Gabinete

##### 4.3.1. Elaboração do Relatório de Investigação Detalhada

Obtidos os dados e informações a respeito dos contextos geoquímicos e hidroquímicos, foi elaborado o presente documento: o **Relatório de Investigação Detalhada e Avaliação de Riscos**. O texto apresenta os objetivos do trabalho, materiais e métodos empregados, os resultados obtidos e as recomendações aplicáveis.

#### 4.3.2. Valores Orientadores Adotados

Os resultados dos teores determinados nas amostras de Solo e Água Subterrânea foram comparados aos valores de referência respectivos contidos na **Decisão de Diretoria Nº 256/2016/E, de 22 de novembro de 2016**, emitida pela CETESB. Esta norma dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2016, constantes no Anexo Único em substituição aos Valores Orientadores de 2014. Ela considera os seguintes valores de referência:

- ✓ **Valor de Referência de Qualidade (VRQ):** é a concentração de determinada substância, no solo ou na água subterrânea que define um solo como limpo, ou define a qualidade natural da água subterrânea. É determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos e de amostras de águas subterrâneas de diversos aquíferos do Estado de São Paulo. É utilizado como referência nas ações de prevenção da poluição do solo e das águas subterrâneas e de controle de áreas contaminadas.
- ✓ **Valor de Prevenção (VP):** é a concentração de determinada substância no solo, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Este valor indica a qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas. Foi determinado para o solo com base em ensaios com receptores ecológicos. É utilizada para disciplinar a introdução de substâncias no solo. Quando ultrapassado, a continuidade da atividade é submetida a nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução de cargas poluentes procederem ao monitoramento dos impactos decorrentes.
- ✓ **Valor de Intervenção (VI):** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição genérico. Para o solo, ele foi calculado utilizando-se procedimento de avaliação de risco à saúde humana para cenários de exposição Agrícola-Área de Proteção Máxima – APM<sub>ax</sub>, Residencial e Industrial. Para a água subterrânea, consideraram-se como valores de intervenção as concentrações que causam risco à saúde humana,

concentrações essas listadas na Portaria 2914 do Ministério da Saúde, calculadas segundo adaptação da metodologia da MS utilizada na derivação destes padrões. A área foi classificada como Área sob Investigação quando houve a constatação da presença de contaminantes no solo ou na água subterrânea em concentrações acima dos Valores de Intervenção, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco.

Neste trabalho **foram adotados os Valores de Intervenção para Água Subterrânea.**

#### **4.3.3. Ferramenta para Avaliação de Riscos**

Para a Avaliação de Riscos, foi utilizada a **Planilha da CETESB**, desenvolvida para essa finalidade.



## 5. Serviços Executados

### 5.1. Nas Sondagens

Foram realizados **vinte e cinco** furos de sondagem, totalizando **118 m** perfurados. As sondagens foram executadas em dois blocos distintos, conforme a seguir.

#### 5.1.1. Sondagens Investigativas Executadas na Faixa 1 Imediatamente a Jusante do Aterro

Foram realizados **nove furos** de sondagens investigativas, numerados de **ST-01 a ST-09**, na faixa de terreno situada imediatamente a jusante do aterro. Essas sondagens foram executadas com o objetivo de identificar a litologia local e também para possibilitar a instalação de poços de monitoramento de água subterrânea nesses locais. Entretanto, conforme já explicado, dada a interceptação de soleira rochosa impenetrável à sondagem manual, em profundidades que variaram de 2,0m a 9,0m, não foi possível atingir o topo do lençol freático e nem instalar os poços de monitoramento programados. A única exceção foi a sondagem **ST-05** que interceptou água na profundidade de **0,50m**, permitindo a instalação de um poço de monitoramento (**PM-02**). Avaliação feita da potenciometria local levou à conclusão de que a água interceptada por esse poço **não pertence ao aquífero freático** e sim a um **lençol suspenso** de ocorrência restrita, associado a canalização da água pluvial que é coletada na área no aterro e conduzida até esse local. As sondagens efetuadas nesse local atingiram a profundidade máxima de 9,00m e permitiram a verificação da existência da seguinte estratigrafia, do topo para a base:

- Solo de alteração areno-argiloso de coloração castanho avermelhada;
- Solo de alteração areno-siltoso de coloração castanho amarelada;
- Solo de alteração arenoso com presença de fragmentos de rocha, de coloração amarelada;
- Fragmentos de rocha de coloração castanho acinzentada;
- Topo rochoso.

Saliente-se que uma das sondagens (ST-01) interceptou a presença de pacote de resíduos até a profundidade de 4,50m. A **Tabela 5.1.1.1.** apresenta o resumo das sondagens executadas.

**Tabela 5.1.1.1. Resumo das Sondagens Executadas na Faixa 1.**

Sondagem	Poço	Data	Profundidade (m)	
			Primeiro Aparecimento de Água	Final da Sondagem
ST-01	-	21/02/2017	-	6,00
ST-02	-	22/02/2017	-	4,50
ST-03	-	22/02/2017	-	4,50
ST-04	-	23/02/2017	-	2,00
ST-05	PM-02	23/02/2017	0,50	2,80
ST-06	-	23/02/2017	-	1,70
ST-07	-	23/02/2017	-	4,00
ST-08	-	24/02/2017	-	5,00
ST-09	-	24/02/2017	-	9,00
<b>Total</b>				<b>39,50m</b>

Fonte: Planilhas de campo Avatz Ambiental.

A **Foto 03** mostra sondagem manual sendo executada e a vegetação que ocorre no local. A **Foto 04** apresenta fragmento de rocha encontrado durante a sondagem.



**Foto 03. Sondagem Sendo Executada.**



**Foto 04. Fragmento de Rocha Encontrado Durante a Execução da Sondagem.**

#### **5.1.2. Sondagens Executadas na Faixa 2 a Jusante da Faixa 1**

Foram realizados **dezesseis furos** de sondagens, numerados de **ST-10 a ST-25**, na faixa de terreno situada imediatamente a jusante da Faixa 1. Essas sondagens foram executadas com o objetivo de identificar a litologia local e também para possibilitar a instalação de poços de monitoramento de água subterrânea nesses locais. As sondagens efetuadas nesses locais atingiram a profundidade máxima de 7,00m e permitiram a verificação da existência da seguinte estratigrafia, do topo para a base:

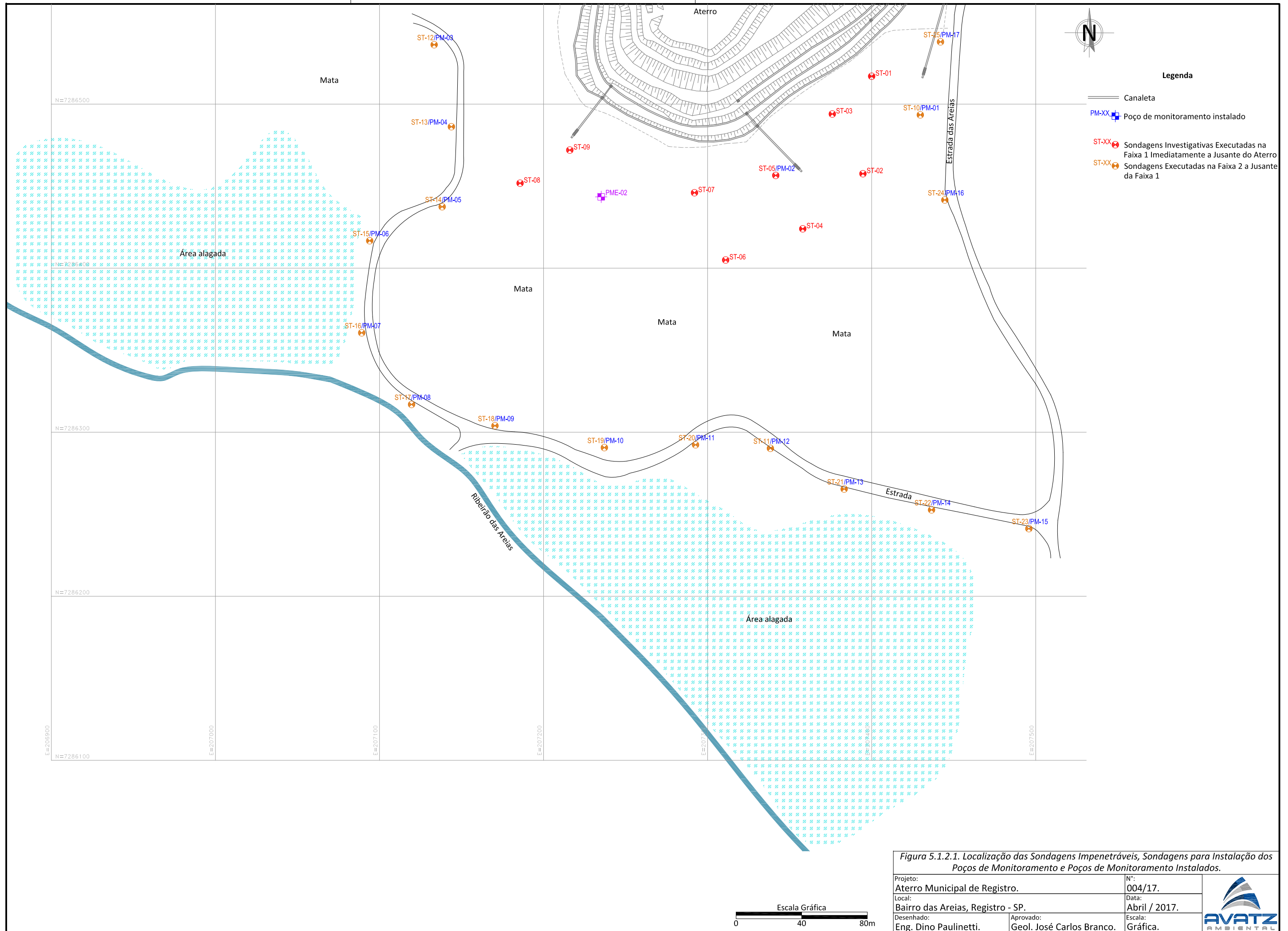
- Aterro (construído sobre a zona alagadiça para receber o pavimento da estrada) areno-argiloso de coloração castanho avermelhada, localmente com fragmentos de rocha;
- Solo sedimentar argiloso, orgânico, de coloração cinza escura a negra;
- Solo sedimentar argilo-siltoso, de coloração amarela, bege e cinza;

**Tabela 5.1.2.1. Resumo das Sondagens Executadas na Faixa 2.**

Sondagem	Poço	Data	Profundidade (m)	
			Primeiro Aparecimento de Água	Final da Sondagem
ST-10	PM-01	21/02/2017	0,40	2,50
ST-11	PM-12	26/02/2017	2,50	5,80
ST-12	PM-03	26/02/2017	3,00	5,80
ST-13	PM-04	26/02/2017	1,50	4,00
ST-14	PM-05	27/02/2017	1,00	3,10
ST-15	PM-06	27/02/2017	2,50	5,00
ST-16	PM-07	27/02/2017	1,50	4,00
ST-17	PM-08	27/02/2017	2,50	5,00
ST-18	PM-09	28/02/2017	3,50	6,00
ST-19	PM-10	28/02/2017	3,00	5,50
ST-20	PM-11	01/03/2017	2,50	5,00
ST-21	PM-13	01/03/2017	2,00	4,00
ST-22	PM-14	01/03/2017	1,70	4,00
ST-23	PM-15	01/03/2017	1,50	4,00
ST-24	PM-16	02/03/2017	4,70	7,00
ST-25	PM-17	02/03/2017	1,50	4,00
<b>Total</b>				<b>74,70m</b>

Fonte: Planilhas de campo Avatz Ambiental.

A **Figura 5.1.2.1.** apresenta a seguir, mostra a localização das sondagens executadas na Faixa 1 (impenetráveis) e a localização das sondagens executadas na Faixa 2, com os poços de monitoramento instalados.

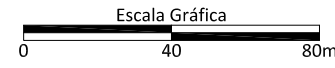


**Legenda**

- Canaleta
- Poço de monitoramento instalado
- Sondagens Investigativas Executadas na Faixa 1 Imediatamente a Jusante do Aterro
- Sondagens Executadas na Faixa 2 a Jusante da Faixa 1

**Figura 5.1.2.1. Localização das Sondagens Impenetráveis, Sondagens para Instalação dos Poços de Monitoramento e Poços de Monitoramento Instalados.**

Projeto: Aterro Municipal de Registro.	Nº: 004/17.	
Local: Bairro das Areias, Registro - SP.	Data: Abril / 2017.	
Desenhado: Eng. Dino Paulinetti.	Aprovado: Geol. José Carlos Branco.	Escala: Gráfica.





## 5.2. Nos Poços de Monitoramento Instalados

Foram instalados **dezessete** poços de monitoramento no conjunto de sondagens executados. A **Tabela 5.2.1** resume as características construtivas dos poços instalados.

**Tabela 5.2.1. Características dos Poços de Monitoramento Instalados.**

Poço	Profundidade (m)	Intervalos (m)				
		Filtro	Pré-Filtro	Selo de bentonita	Selo de bentonita com concreto	Concreto
PM-01	2,00	0,50 – 2,00	0,20 – 2,50	0,10 – 0,20	-	0,00 – 0,10
PM-02	2,50	0,50 – 2,50	0,30 – 2,80	0,10 – 0,30	-	0,00 – 0,10
PM-03	5,50	3,50 – 5,50	3,00 – 5,50	2,00 – 3,00	0,20 – 2,00	0,00 – 0,20
PM-04	3,80	1,80 – 3,80	1,00 – 3,80	0,40 – 1,00	-	0,00 – 0,40
PM-05	2,50	0,50 – 2,00	0,50 – 2,50	0,10 – 0,50	-	0,00 – 0,10
PM-06	4,50	2,50 – 4,50	2,00 – 4,50	0,90 – 2,00	0,20 – 0,90	0,00 – 0,20
PM-07	3,50	1,50 – 3,50	0,90 – 3,50	0,20 – 0,90	-	0,00 – 0,20
PM-08	4,50	2,50 – 4,50	2,00 – 4,50	0,90 – 2,00	0,20 – 0,90	0,00 – 0,20
PM-09	5,50	3,50 – 5,50	3,00 – 5,50	2,00 – 3,00	0,20 – 2,00	0,00 – 0,20
PM-10	5,00	3,00 – 5,00	2,50 – 5,50	1,80 – 2,50	0,20 – 1,80	0,00 – 0,20
PM-11	4,50	2,50 – 4,50	2,00 – 5,00	1,00 – 2,00	0,30 – 1,00	0,00 – 0,30
PM-12	4,50	2,50 – 4,50	2,00 – 4,60	1,00 – 2,00	0,10 – 1,00	0,00 – 0,10
PM-13	3,60	1,60 – 2,00	0,50 – 4,00	0,20 – 0,50	-	0,00 – 0,20
PM-14	3,50	1,50 – 3,50	1,00 – 4,00	0,20 – 1,00	-	0,00 – 0,20
PM-15	3,50	1,50 – 3,50	1,00 – 4,00	0,20 – 1,00	-	0,00 – 0,20
PM-16	6,70	4,70 – 6,70	3,50 – 7,00	2,00 – 3,50	0,10 – 2,00	0,00 – 0,10
PM-17	3,50	1,50 – 3,50	1,00 – 4,00	0,20 – 1,00	-	0,00 – 0,20
<b>Total</b>	<b>69,10m</b>					

Fonte: Planilhas de campo Avatz Ambiental.

A **Figura 5.1.2.1.** apresenta a localização dos poços instalados. Os perfis construtivos dos poços são apresentados no **Anexo 03**. As **Fotos 05 e 06** apresentam imagens da proteção sanitária do poço de monitoramento PM-16 instalado.



**Foto 05. Poço de Monitoramento PM-16 Instalado.**



**Foto 06. Poço de Monitoramento PM-16 Instalado.**

### 5.3. Na Coleta de Amostras para Ensaio Geotécnicos

Foram coletadas **três** amostras de solo para realização dos ensaios para determinação de pH, Carbono Orgânico Total, Análise Granulométrica, Porosidade Total, Porosidade Efetiva, Densidade de Partículas e Densidade Aparente. A **Tabela 5.3.1** apresenta a identificação das amostras de solo coletadas para essa finalidade.

**Tabela 5.3.1. Identificação das Amostras de Solo.**

Origem	Número	Data	Parâmetros
ST-13	AMOSTRA-01	26/02/2017	pH, Carbono Orgânico Total, Análise Granulométrica, Porosidade Total, Porosidade Efetiva, Densidade de Partículas e Densidade Aparente
ST-20	AMOSTRA-02	28/02/2017	pH, Carbono Orgânico Total, Análise Granulométrica, Porosidade Total, Porosidade Efetiva, Densidade de Partículas e Densidade Aparente
ST-24	AMOSTRA-03	02/03/2017	pH, Carbono Orgânico Total, Análise Granulométrica, Porosidade Total, Porosidade Efetiva, Densidade de Partículas e Densidade Aparente

Fonte: Planilhas de campo Avatz Ambiental.

A **Figura 5.1.2.1.** apresenta a localização das sondagens onde foram realizadas as coletas das amostras de solo para o ensaio geotécnico. Os laudos das análises dos parâmetros mencionados encontram-se no **Anexo 05.**

### 5.4. No Monitoramento Hidroquímico – Coleta de Amostras de Água Subterrânea

Entre os dias 07 e 09 de março de 2017 foi realizada campanha de amostragem para monitoramento hidroquímico, com a coleta de amostras de água subterrânea conforme previsto no cronograma do projeto. Foram realizadas coletas nos **dezessete poços de monitoramento.** As amostras de água coletadas estão relacionadas na **Tabela 5.4.1.**



**Tabela 5.4.1. Identificação das Amostras de Água Subterrânea Coletadas.**

Poço de Monitoramento	Número da Amostra	Data	Parâmetros Analisados
PM-01	PM-01	09/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-02	PM-02	09/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-03	PM-03	07/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-04	PM-04	07/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-05	PM-05	07/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-06	PM-06	07/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-07	PM-07	07/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-08	PM-08	07/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-09	PM-09	07/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-10	PM-10	07/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-11	PM-11	08/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-12	PM-12	08/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-13	PM-13	08/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-14	PM-14	08/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-15	PM-15	08/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-16	PM-16	08/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>
PM-17	PM-17	08/03/2017	Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH <i>Finger Print</i>

Fonte: Planilhas de campo Avatz Ambiental.

A **Figura 5.1.2.1.** apresenta a localização dos poços amostrados.

As amostras de água subterrânea foram coletadas pelo laboratório **ASL Análises Ambientais**, conforme descrito anteriormente. Os laudos das análises químicas para os parâmetros mencionados encontram-se no **Anexo 05**.

### **5.5. No Monitoramento Hidrogeológico**

A **Tabela 5.5.1** apresenta os resultados do Monitoramento Hidrogeológico realizado no dia 09 de março de 2017. O nível d'água estático apresentou-se em profundidades entre **0,40 m** (PM-05) e **4,15 m** (PM-16), com profundidade média de **2,07 m**. **Não** foi observada presença de **fase livre** em **nenhum** dos poços monitorados.

Conhecendo-se as profundidades do nível d'água e as cotas topográficas de cada poço, foi possível calcular o valor da Carga Hidráulica associada a cada poço. A interpolação dos valores de cargas hidráulicas permitiu a elaboração o Mapa Potenciométrico local.

A **Figura 5.5.1** apresenta o **Mapa Potenciométrico** referente à potenciometria do aquífero, medida no dia **09/03/2017**. Esse mapa apresenta as linhas equipotenciais da superfície do aquífero freático. A perpendicular a cada linha equipotencial, em cada ponto, corresponde à direção do fluxo da água subterrânea naquele ponto. A integração vetorial dessas direções pontuais permite que se defina a direção geral do fluxo da água subterrânea.

Com base nessa integração, o Mapa Potenciométrico indica que o fluxo de água subterrânea da área orienta-se preferencialmente de **nordeste para sudoeste**.

Deve ser salientado que o **maciço de resíduos** foi **depositado sobre uma única encosta** de elevação existente no local. E que o solo dessa encosta posicionado a **montante** da zona de deposição dos resíduos foi cortado e removido para ser utilizado na cobertura dos resíduos.

Deve ser salientado também que o mapa potenciométrico elaborado evidencia que **a rede de poços** de monitoramento instalada **intercepta toda a água subterrânea proveniente da zona saturada situada imediatamente abaixo da área ocupada pelo maciço de resíduos**.

**Tabela 5.5.1. Medições de Nível d'água, Fase Livre e Carga Hidráulica - 09/03/2017.**

Poço	Cota (m)	Nível d'Água / Fase Livre (m)	Nível d'Água (m)	Espessura de Fase Livre (m)	Carga Hidráulica (m)	Carga Hidráulica Corrigida (m)
PM-01	23,61	0,93	0,93	0,000	22,68	<b>22,68</b>
PM-02	33,58	0,50	0,50	0,000	33,08	<b>33,08</b>
PM-03	23,78	2,62	2,62	0,000	21,16	<b>21,16</b>
PM-04	21,53	1,90	1,90	0,000	19,63	<b>19,63</b>
PM-05	19,95	0,80	0,80	0,000	19,15	<b>19,15</b>
PM-06	17,08	1,31	1,31	0,000	15,77	<b>15,77</b>
PM-07	17,01	1,75	1,75	0,000	15,26	<b>15,26</b>
PM-08	17,40	2,09	2,09	0,000	15,31	<b>15,31</b>
PM-09	18,21	3,22	3,22	0,000	14,99	<b>14,99</b>
PM-10	18,13	2,92	2,92	0,000	15,21	<b>15,21</b>
PM-11	17,33	2,58	2,58	0,000	14,75	<b>14,75</b>
PM-12	16,95	2,74	2,74	0,000	14,21	<b>14,21</b>
PM-13	17,08	2,00	2,00	0,000	15,08	<b>15,08</b>
PM-14	16,73	2,00	2,00	0,000	14,73	<b>14,73</b>
PM-15	17,25	1,70	1,70	0,000	15,55	<b>15,55</b>
PM-16	25,03	4,15	4,15	0,000	20,88	<b>20,88</b>
PM-17	27,31	2,00	2,00	0,000	25,31	<b>25,31</b>

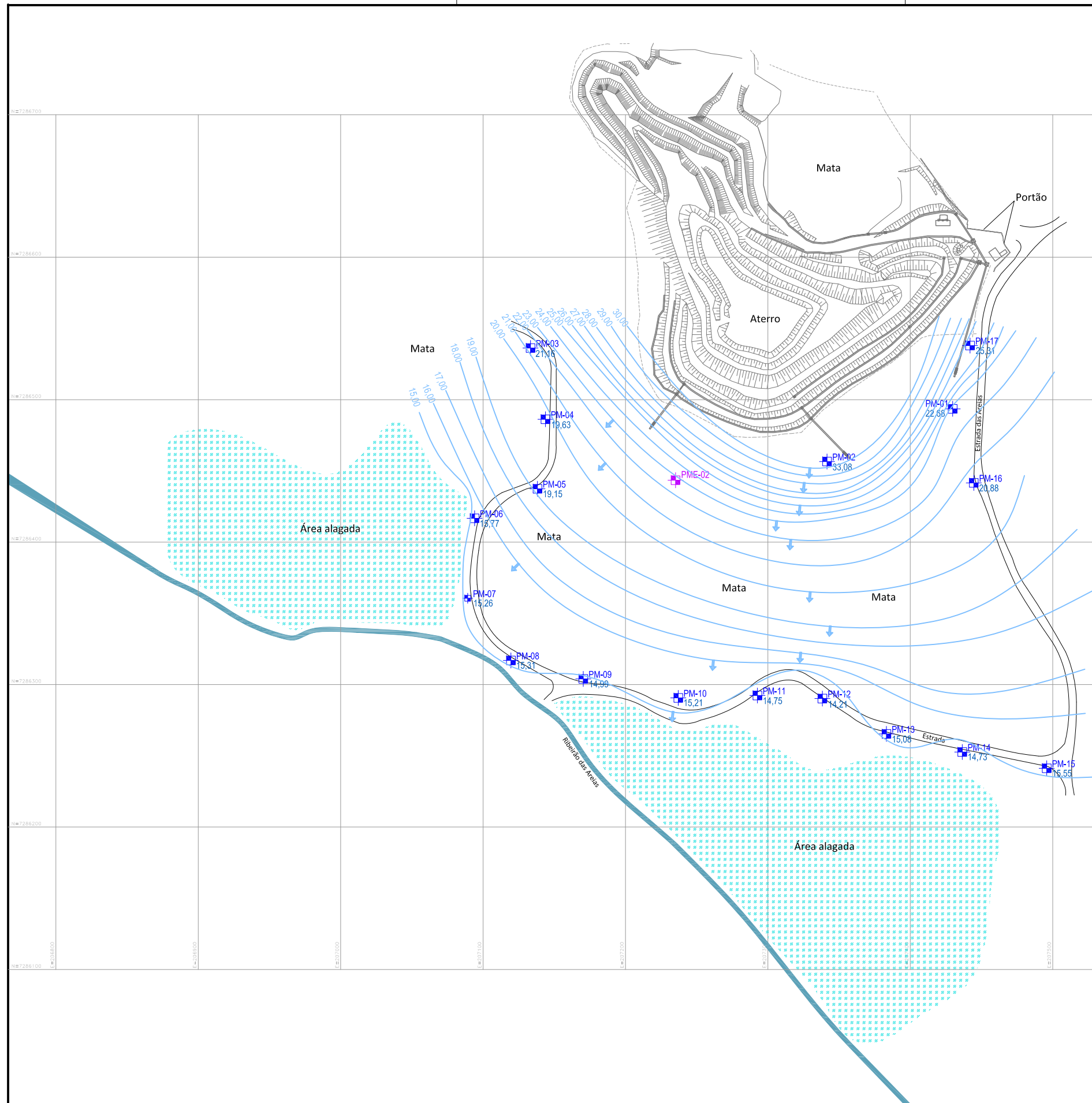
Fonte: Planilhas de campo Avatz Ambiental.



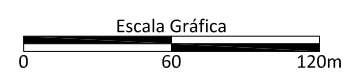
Legenda

- ==== Canaleta
- PM-XX Poço de monitoramento instalado

- XX,XX ..... Linha equipotencial inferida
- Linha equipotencial
- XX,XX Carga hidráulica
- ← Sentido de fluxo



<i>Figura 5.5.1. Mapa Potenciométrico em 09/03/2017.</i>		
Projeto: Aterro Municipal de Registro.	N°: 004/17.	
Local: Bairro das Areias, Registro - SP.	Data: Abril / 2017.	
Desenhado: Eng. Dino Paulinetti.	Aprovado: Geol. José Carlos Branco.	Escala: Gráfica.



## 6. Resultados Obtidos

### 6.1. Resultados Obtidos nos Ensaio Geotécnicos

A **Tabela 6.1.1** apresenta os resultados dos **ensaios geotécnicos** realizados das amostras de solo.

**Tabela 6.1.1. Resultados dos Ensaio Realizados no Solo.**

Pontos		ST-13	ST-20	ST-24
Identificação da Amostra		AMOSTRA-01	AMOSTRA-02	AMOSTRA-03
Data da Coleta		26/02/2017	28/02/2017	02/03/2017
Horário da Coleta		16:50	11:00	08:00
Parâmetros	Unidade			
Argila	%	8,73	15,54	22,23
Silte	%	5,92	9,39	24,65
Areia Fina	%	83,40	67,60	52,60
Areia Média	%	0,76	1,00	0,34
Areia Grossa	%	0,33	1,06	0,19
Pedregulho Fino	%	0,69	4,59	0,00
Pedregulho Médio	%	0,12	0,78	0,00
Pedregulho Grosso	%	0,00	0,00	0,00
Porosidade Total	%	44,1	26,50	58,40
Porosidade Efetiva	%	3,40	1,60	1,80
Densidade de Partículas	g/cm <sup>3</sup>	2,50	2,67	2,60
Densidade Aparente	g/cm <sup>3</sup>	1,69	1,80	1,03
pH	upH	4,40	6,10	4,70
Carbono Orgânico Total	% p/p	2,68	1,59	4,94

Observa-se que os materiais apresentam composição **predominantemente arenosa**, com **Porosidade Efetiva** média da ordem de **2,3%** e teores de **Carbono Orgânico Total** situado entre **1,6%** e **5,9%**.

## 6.2. Resultados Obtidos no Monitoramento Hidroquímico – Análises Químicas de Água Subterrânea

A Tabela 6.2.1 apresenta os resultados das análises químicas dos parâmetros **Metais, VOC, SVOC, Pesticidas Organoclorados e TPH Finger Print** das amostras de água subterrânea coletadas.

Avaliando-se o conjunto dos resultados obtidos, verifica-se que **nenhuma amostra apresentou valores** para compostos pertencentes aos grupos **TPH, Compostos Orgânicos Voláteis, Compostos Orgânicos Semivoláteis e Pesticidas**. Entretanto, **quatorze amostras de água subterrânea** apresentaram **teores superiores** aos **Valores de Intervenção** da CETESB para **quatro dos metais analisados: Pb, Co, Cr e Ni**. Como a seguir.

- **Chumbo:** PM-01 (30,00 µg/L), PM-02 (45,00 µg/L), PM-04 (36,00 µg/L), PM-06 (19,00 µg/L), PM-07 (58,00 µg/L), PM-08 (18,00 µg/L), PM-10 (17,00 µg/L), PM-11 (11,00 µg/L), PM-12 (60,00 µg/L), PM-13 (18,00 µg/L), PM-14 (33,00 µg/L), PM-15 (78,00 µg/L), PM-16 (11,00 µg/L), PM-17 (45,00 µg/L);
- **Cobalto:** PM-06 (79,00 µg/L), PM-12 (121,00 µg/L);
- **Cromo:** PM-12 (311,00 µg/L);
- **Níquel:** PM-12 (114,00 µg/L).

Fica evidente que o **Poço PM-12** é o que apresenta nível de contaminação mais importante dentre todos os dezessete poços analisados, com ocorrência de **quatro** espécies de metais (**Co, Cr, Ni e Pb**) em teores **acima dos respectivos Valores de Intervenção** na Água Subterrânea. O outro poço com teores importantes foi o **PM-06** com ocorrência de **duas** espécies de metais (**Co e Pb**) em teores **acima dos respectivos Valores de Intervenção** em Água Subterrânea. Além destes, há mais **doze** poços com ocorrência apenas do metal **Pb** em teores superiores ao do respectivo Valor de Intervenção.

Cabe aqui uma **observação relevante**, relativa à ocorrência dos teores de **Pb** na água subterrânea local. De acordo com estudo geoquímico realizado na região do Vale do Ribeira (FIGUEIREDO, 2011), o município de Registro está situado em área classificada como **Bacia**

**Enriquecida em Chumbo**, com **sedimentos** contendo **teores de Pb** situados **entre 37 e 124 ppm**. Ou seja: a região de Registro é uma região cujo solo é **naturalmente enriquecido em teores de Pb**. Dado esse fato, a identificação da presença de **Pb** dissolvido na água subterrânea coletada em **quatorze** dos **dezessete poços analisados**, pode ser classificada como uma ocorrência **generalizada**, que pode ser atribuída às **características geológicas locais**. Portanto, a razão as ocorrências de Pb dissolvido na água deve estar associada de forma preponderante a **valores de background desse metal na área**. Saliente-se que a avaliação do comportamento das **plumas de Pb** e a avaliação dos **riscos à saúde** humana associados a **este metal são apresentadas neste relatório**. Entretanto assume-se aqui que o **Pb não apresenta relação genética com o maciço de resíduos**.

As **Figuras 6.2.1., 6.2.2., 6.2.3. e 6.2.4** apresentam as plumas de contaminação dos quatro metais descritos. Deve ser salientado que, para sua melhor visualização, as plantas das plumas foram elaboradas em escala tal que não possibilita a representação completa do maciço de resíduos, mostrando apenas a sua porção mais ao sul. Entretanto, conforme já mencionado no item referente à elaboração do Mapa Potenciométrico, a rede de poços de monitoramento instalada intercepta toda a água subterrânea proveniente da área do maciço. Portanto as plumas definidas são as efetivamente detectadas e existentes. Feita essa observação, verifica-se que:

- As plumas de **Chumbo** identificadas **não estão delimitadas a sul, sudeste, leste nordeste, noroeste, oeste e sudoeste**. Entretanto como os teores de Pb que deram origem às plumas desse metal são de **origem natural**, não há **sentido metodológico** na sua **delimitação no âmbito** de um **estudo da contaminação de águas subterrâneas associadas ao maciço de resíduos**;
- As plumas de **Cobalto** podem ser consideradas como **delimitadas**, inclusive nos seus limites **oeste e sul**, uma vez que atingem o limite de domínio das águas superficiais que ocorrem nas áreas alagadiças existentes nessas direções;
- A pluma de **Cromo** pode ser considerada como **delimitada**, inclusive no seu limite **sul**, uma vez que atinge o limite de domínio das águas superficiais que ocorrem na área alagadiça existente nessa direção;

- A pluma de **Níquel** pode ser considerada como **delimitada**, inclusive no seu limite **sul**, uma vez que atinge o limite de domínio das águas superficiais que ocorrem na área alagadiça existente nessa direção;

Deve ser salientado que, a rigor, não se pode falar em delimitação das plumas do metal Cobalto (identificado no PM-06) e dos metais Cobalto, Cromo e Níquel (identificados no PM-12) presentes nas águas subterrâneas. Isso porque **não é possível a instalação dos poços de monitoramento adicionais** teoricamente necessários a essa delimitação.

Essa impossibilidade deriva do fato das áreas a jusante das plumas em água subterrânea serem áreas alagadiças, portanto com ocorrência de **águas superficiais**. Saliente-se, entretanto, que a mera ocorrência das áreas alagadiças a jusante das plumas de metais dissolvidos em água subterrânea cria **os limites físicos** que naturalmente **delimitam** essas plumas.



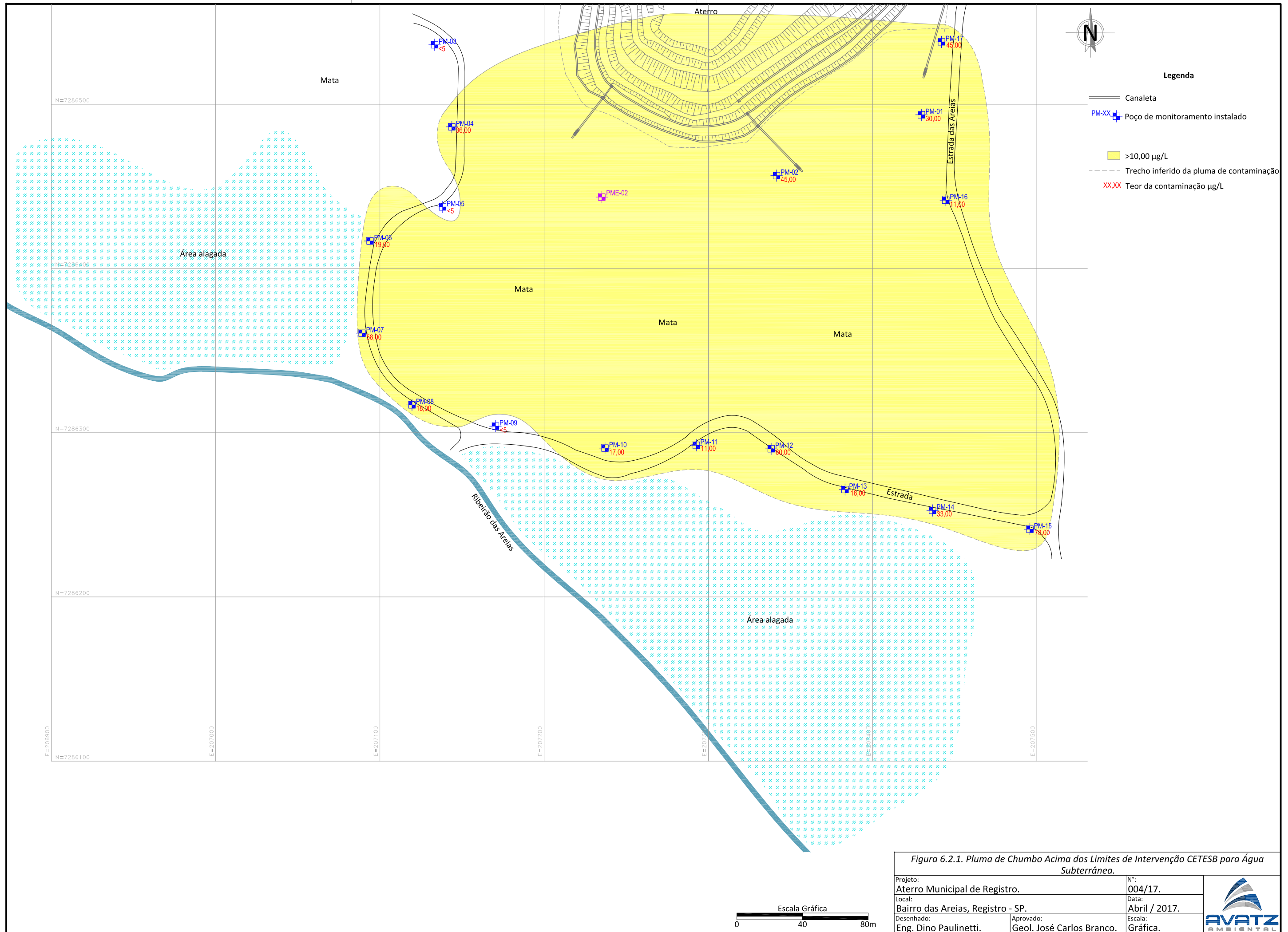
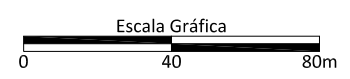


Figura 6.2.1. Pluma de Chumbo Acima dos Limites de Intervenção CETESB para Água Subterrânea.

Projeto: Aterro Municipal de Registro.	Nº: 004/17.	
Local: Bairro das Areias, Registro - SP.	Data: Abril / 2017.	
Desenhado: Eng. Dino Paulinetti.	Aprovado: Geol. José Carlos Branco.	Escala: Gráfica.



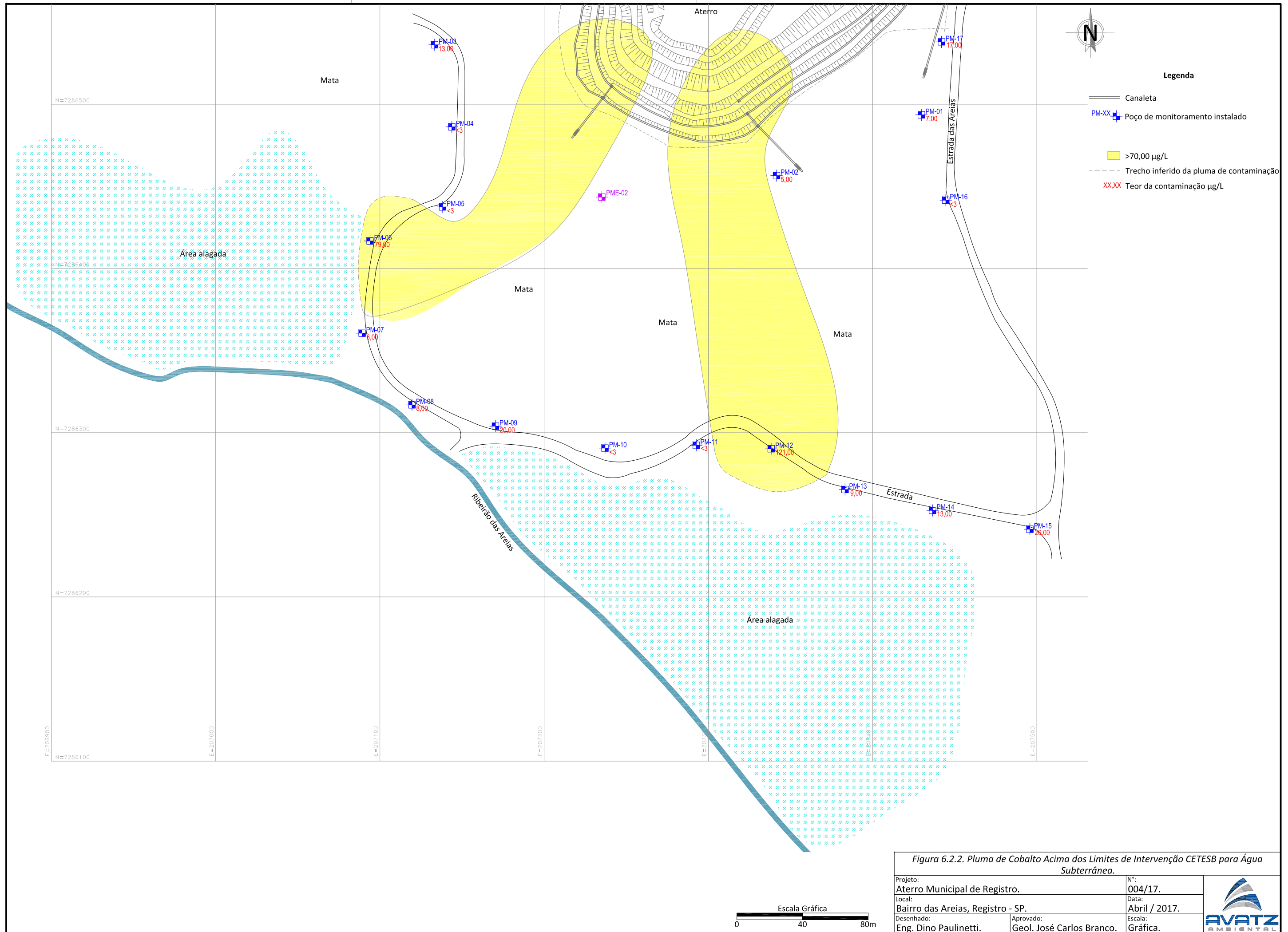


Figura 6.2.2. Pluma de Cobalto Acima dos Limites de Intervenção CETESB para Água Subterrânea.

Projeto: Aterro Municipal de Registro.	Nº: 004/17.	
Local: Bairro das Areias, Registro - SP.	Data: Abril / 2017.	
Desenhado: Eng. Dino Paulinetti.	Aprovado: Geol. José Carlos Branco.	Escala: Gráfica.

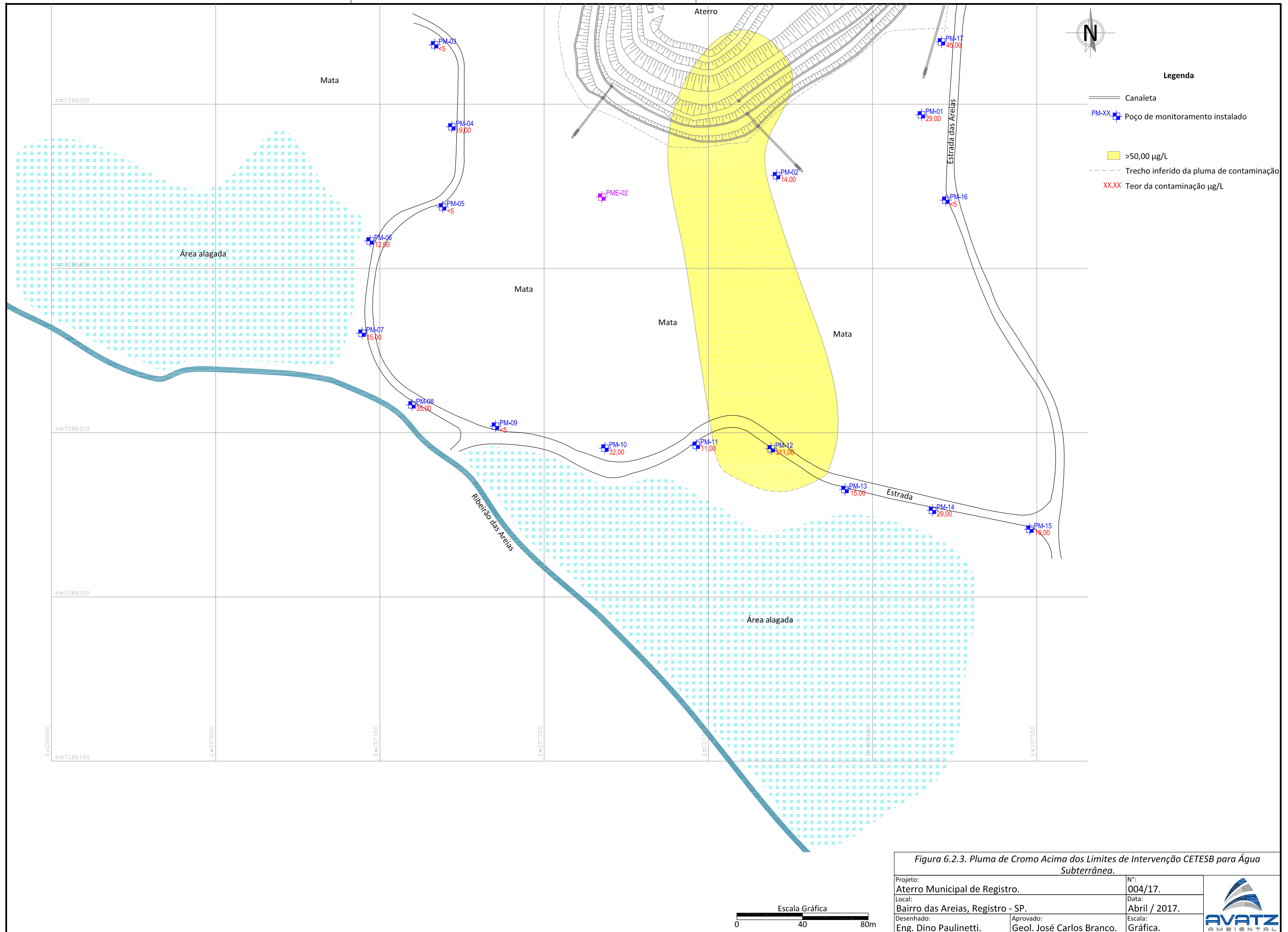
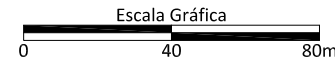


Figura 6.2.3. Pluma de Cromo Acima dos Limites de Intervenção CETESB para Água Subterrânea.

Projeto: Aterro Municipal de Registro.	Nº: 004/17.	
Local: Bairro das Areias, Registro - SP.	Data: Abril / 2017.	
Desenhado: Eng. Dino Paulinetti.	Aprovado: Geol. José Carlos Branco.	Escala: Gráfica.



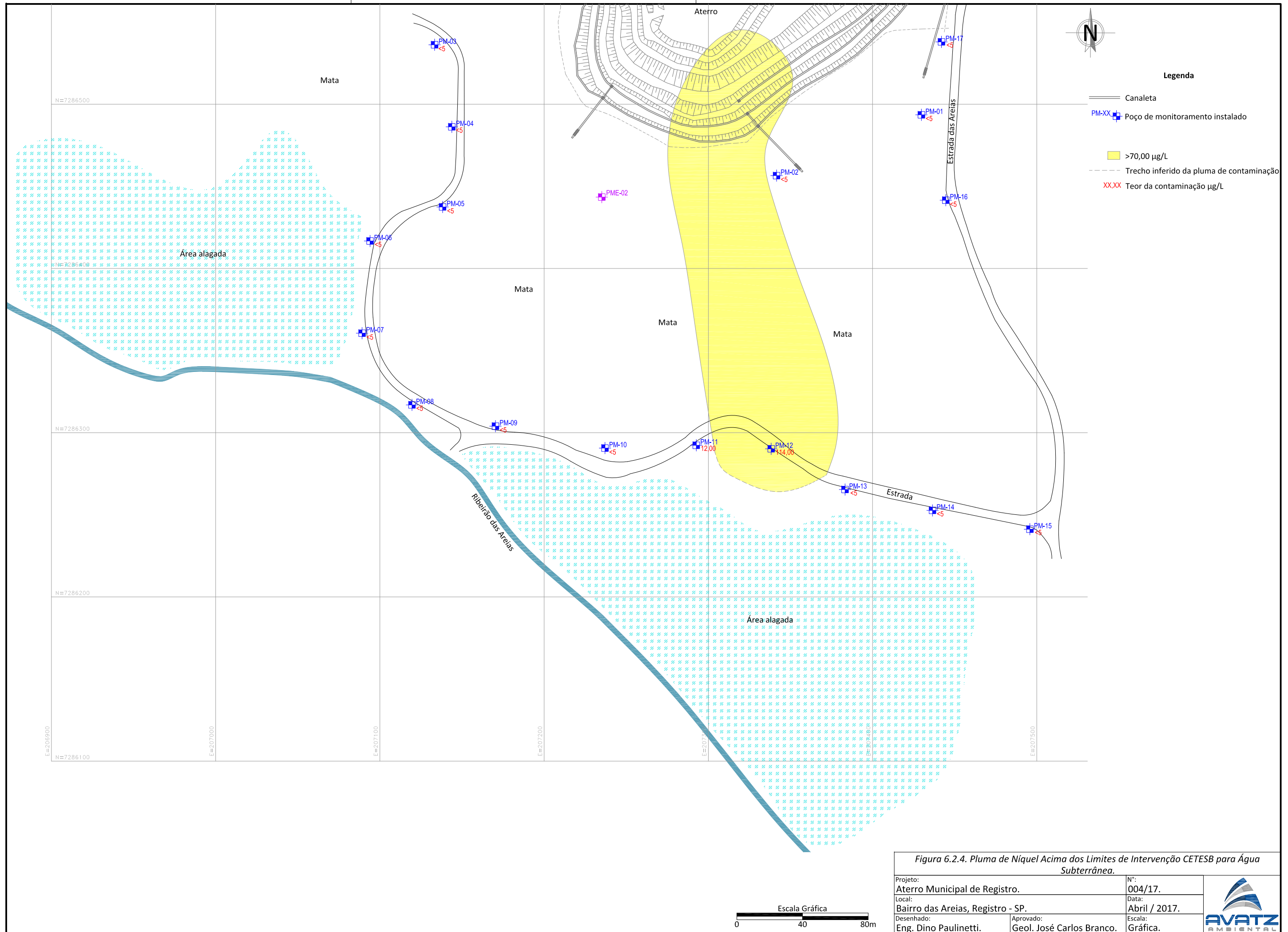



Figura 6.2.4. Pluma de Níquel Acima dos Limites de Intervenção CETESB para Água Subterrânea.

Projeto: Aterro Municipal de Registro.	Nº: 004/17.	
Local: Bairro das Areias, Registro - SP.	Data: Abril / 2017.	
Desenhado: Eng. Dino Paulinetti.	Aprovado: Geol. José Carlos Branco.	Escala: Gráfica.

A reprodução parcial ou Integral deste documento sem a devida autorização é expressamente proibida.



## 7. Avaliação de Risco

Como houve a superação do Limite de Intervenção para os metais Chumbo, Cobalto, Cromo e Níquel em água subterrânea (mesmo considerando que o chumbo tem origem natural), foi necessária a elaboração de uma Avaliação de Riscos à Saúde Humana para estas substâncias.

Para a elaboração da Avaliação de Risco foram utilizadas as Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação da CETESB, metodologia de referência nacional. As planilhas foram utilizadas com o intuito de quantificar os riscos à saúde humana e para estabelecer as concentrações máximas aceitáveis (CMA) para cada cenário específico elencado, possibilitando o gerenciamento de riscos e o estabelecimento do Plano de Intervenção na referida Área de interesse. O **Anexo 04** apresenta a Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação da CETESB.

Os cálculos efetuados têm como base o procedimento descrito no *RAGS – Risk Assessment Guidance for SuperFund – Volume I – Human Health Evaluation Manual (Part A)* USEPA, 1989 para quantificação da exposição de risco, bem como as equações Domenico (1987) para transporte de contaminantes em meio saturado, o modelo de *Jury e Johnson* (1991) para transporte de contaminantes em meio não saturado e *Johnson e Etinger* (1992) para intrusão de vapores. Os valores calculados através das planilhas quantificam riscos carcinogênicos e não carcinogênicos, individual e cumulativo, considerando os cenários de exposição e substâncias químicas selecionadas para o histórico ou tipo de site. Também possibilita o cálculo de Concentrações Máximas Aceitáveis para as substâncias elencadas.

### 7.1. Dados Utilizados

Para a Avaliação de Risco na área do **Aterro Municipal de Registro** foram utilizados os valores identificados em águas subterrâneas acima dos Limites de Intervenção CETESB (2016). Todos os resultados obtidos foram avaliados através da sua comparação com valores de CMA (Concentrações Máximas Aplicáveis Específicas da Área) calculados na Avaliação de Risco.

## 7.2. Resultados da Avaliação de Risco

A modelagem efetuada através das planilhas de Avaliação de Risco da CETESB (2013) resultou em **Valores Acima da CMA** para os seguintes cenários:

- **Risco Não Carcinogênico identificado** para a via de Exposição **Ingestão de Água Subterrânea no Ponto de Exposição** para **Receptor Residencial Rural e Urbano Criança** (>56,30 µg/L) para **Chumbo**, nos poços **PM-07, PM-12 e PM-15**;
- **Risco Não Carcinogênico identificado** para a via de Exposição **Ingestão de Água Subterrânea no Ponto de Exposição** para **Receptor Residencial Rural e Urbano Criança** (>4,69 µg/L) para **Cobalto** nos poços **PM-06 e PM-12**;
- **Risco Não Carcinogênico identificado** para a via de Exposição **Ingestão de Água Subterrânea a uma distância do Ponto de Exposição** para **Receptor Residencial Rural e Urbano Criança** (>14,40 µg/L) para **Cobalto** nos poços **PM-06 e PM-12**;
- **Risco Não Carcinogênico identificado** para a via de Exposição **Ingestão de Água Subterrânea no Ponto de Exposição** para **Receptor Residencial Rural Adulto** (>9,86 µg/L) para **Cobalto** nos poços **PM-06 e PM-12**;
- **Risco Não Carcinogênico identificado** para a via de Exposição **Ingestão de Água Subterrânea a uma distância do Ponto de Exposição** para **Receptor Residencial Rural Adulto** (>30,30 µg/L) para **Cobalto** nos poços **PM-06 e PM-12**;
- **Risco Não Carcinogênico identificado** para a via de Exposição **Ingestão de Água Subterrânea no Ponto de Exposição** para **Receptor Residencial Urbano Adulto** (>11,00 µg/L) para **Cobalto** nos poços **PM-06 e PM-12**;
- **Risco Não Carcinogênico identificado** para a via de Exposição **Ingestão de Água Subterrânea a uma distância do Ponto de Exposição** para **Receptor Residencial Urbano Adulto** (>33,60 µg/L) para **Cobalto** no **PM-06 e PM-12**;
- **Risco Não Carcinogênico identificado** para a via de Exposição **Ingestão de Água Subterrânea no Ponto de Exposição** para **Trabalhador Comercial e Industrial Adulto** (>26,40 µg/L) para **Cobalto** no **PM-06 e PM-12**;



- **Risco Não Carcinogênico identificado** para a via de Exposição **Ingestão de Água Subterrânea no Ponto de Exposição** para **Trabalhador em Obras Civas e de Escavação Adulto** (>26,40 µg/L) para **Cobalto** no **PM-06 e PM-12**.

Fica evidenciada assim, a **existência de riscos não carcinogênicos** associados aos metais **Chumbo e Cobalto** presentes em solução na **água subterrânea**, para as Vias de Exposição relacionadas à **Ingestão de Água Subterrânea** por **Receptores Residenciais Rurais e Urbanos, Crianças e Adultos** e por **Trabalhadores em Obras Civas e em Escavações Adultos**.

Considerando **os usos atuais da área de interesse e do seu entorno imediato**, verifica-se a seguinte situação, no que se refere a receptores e ao consumo de água subterrânea:

- **Receptores Residenciais Rurais e Urbanos Adultos e Crianças: não estão presentes no local e nem no seu entorno;**
- **Trabalhadores em Obras Civas e de Escavação: estão presentes na área do aterro;**
- **Ocorrência de poços de consumo de água subterrânea: não** existem poços de consumo **na área fonte e nem a jusante dela**, até o **limite do terreno com a área alagadiça**. Saliente-se que **toda a área** a jusante do aterro até o limite da área alagadiça na qual, pelo menos hipoteticamente, poderia haver a instalação futura de poços de captação de água subterrânea e o seu eventual consumo, **pertence à própria prefeitura**, sendo, portanto **passível do gerenciamento por parte dela**.

Comparando os **riscos identificados** com os **elementos efetivamente presentes** na área e no seu entorno verifica-se que:

- Os riscos associados aos Receptores Residenciais Rurais e Urbanos Adultos e Crianças **não se completam**, uma vez que esses receptores **não existem** na **área de interesse** e nem **no seu entorno**.

- Os riscos associados à Ingestão de Água Subterrânea por Receptores Residenciais Rurais e Urbanos Adultos e Crianças e por Trabalhadores de Obras Cíveis e de Escavações Adultos **não se completam**, uma vez que **não** existem poços de consumo de água subterrânea instalados na **área de interesse** e nem no **seu entorno**. É saliente-se que **não existirão poços no futuro nesse local**, uma vez que **toda a área** onde ocorre água subterrânea a jusante do aterro, até o seu limite com a área alagadiça, **pertence à própria prefeitura**, sendo, portanto, **passível de gerenciamento por ela**.

Dessa forma, **não há riscos à saúde humana** que sejam **geneticamente associáveis aos resíduos dispostos no aterro**, considerando-se o **atual cenário** atual de uso e ocupação da área e do seu entorno. Ressalte-se que os riscos **passarão a existir** se houver **alterações nesse cenário**, com a **instalação de poços de consumo de água subterrânea** na área e no seu entorno a jusante do maciço de resíduos até o seu limite com a área alagadiça.

Deve ser ressaltado também que a jusante da área de interesse ocorre a interface entre o corpo de águas subterrâneas e a massa de águas superficiais que ocorrem na área alagadiça e no próprio Ribeirão das Areias. Por último, deve ser ressaltado que uma porção da área alagadiça é utilizada para o **cultivo de arroz**. Essa ocorrência passa a dar relevo ao **monitoramento da qualidade das águas superficiais** e dos **sedimentos** que ali ocorrem, bem como, eventualmente, dos próprios produtos agrícolas ali produzidos.

## 8. Modelo Conceitual

A partir da análise do uso e da ocupação do solo no local e no seu entorno imediato, bem como das plumas de contaminação identificadas e das características do meio físico local, foi elaborado o **Modelo Conceitual 4** relativo à contaminação avaliada. Como a seguir.

- **Fontes primárias e secundárias identificadas:** A única **fonte primária** de contaminação da água subterrânea é representada pela **massa de resíduos** dispostos no aterro. Já os **chorumes** originados na degradação dos resíduos, ao se acumularem no interior do maciço e eventualmente migrarem para fora dele, podem ser considerados como uma **fonte secundária** de contaminação.
- **Contaminantes Identificados:** O chorume que se forma pela decomposição do material depositado no aterro é constituído por uma mistura de substâncias e compostos de natureza orgânica e inorgânica. Dentre estes, se destacaram na investigação executada os metais **Pb, Co, Ni e Cr** presentes na água subterrânea em suas formas solúveis. Estes **quatro metais** são os **únicos contaminantes** identificados na água subterrânea, sendo **um** deles (Pb) de **origem natural**;
- **Meios de Transporte Identificados:** O chorume originado no interior do maciço migra verticalmente por **gravidade** em direção ao solo imediatamente abaixo dos resíduos. Os contaminantes presentes no chorume atingem a **superfície do solo** e passam a **percolar** através da sua **porosidade**, que constitui a **zona vadosa** do solo, até atingir a **zona saturada**. Não se sabe no presente momento se a zona saturada se inicia no próprio solo de alteração (portanto, em aquífero granular) ou se já ocorre em zona de rocha alterada ou em processo de alteração (portanto, em aquífero fissural). A partir daí, passa a haver a influência da componente horizontal na migração dos contaminantes incorporados à água subterrânea. O comportamento dos teores dos metais na bateria de poços de monitoramento instalados a jusante do aterro, indica haver **duas direções preferenciais** de fluxo da água subterrânea, provavelmente em função da presença de **zonas mais intensamente fraturadas**, posicionadas predominantemente de acordo com essas duas direções.

- **Receptores Identificados:** a avaliação de riscos adotou caráter simulatório e conservador. Por isso, considerou **todos** os receptores mais vulneráveis, inclusive crianças em **ambientes residenciais**. Saliente-se que esses receptores de fato **não existem** na área. Os únicos receptores que **efetivamente ocorrem**, e para os quais também foram calculados os riscos à saúde, são os **trabalhadores em escavações e em obras civis**, que atuam na operação do aterro.
- **Riscos Hipotéticos Identificados:** Os riscos hipotéticos identificados vinculam-se **exclusivamente à ingestão de água subterrânea**.
- **Riscos Efetivos Identificados:** **Não há** atualmente **consumo de água subterrânea** no local. E **não haverá consumo de água subterrânea no local, no futuro**, uma vez que o **responsável legal é o proprietário de toda a área a jusante** do aterro, até o seu limite com o início das áreas alagadiças, onde passa a haver o domínio das águas superficiais. Portanto, ele possui **todas as ferramentas** necessárias para **impedir que haja esse consumo no futuro**. Dessa forma, **os riscos hipotéticos não se completam, não havendo assim riscos efetivos à saúde humana, associados ao cenário atual;**
- **Incertezas identificadas:** o fato de não serem identificados outros contaminantes na água subterrânea, que não os quatro metais citados, **não exclui a possibilidade de que eles venham a surgir no futuro**. A **fonte primária** é de natureza **intrinsecamente heterogênea**, tanto em sua **dimensão vertical**, como **na horizontal**. Essa heterogeneidade pode levar à geração de **frentes de contaminação** com **composições distintas e variáveis no tempo**, em função da **posição** em que os contaminantes sejam **liberados por massas particulares de resíduos posicionadas dentro do maciço**, e principalmente, da posição em que venham a atingir a superfície do solo sotoposto a ele, passando a migrar através do solo para a água subterrânea. Dessa forma, o monitoramento futuro da água subterrânea **deverá incluir** necessariamente e sempre, **todos os compostos de interesse;**
- **Ecosistemas passíveis de riscos:** a jusante do aterro ocorre **área alagadiça** associada à planície de inundação do Córrego das Areias que, se constitui em **ecossistema** que está **diretamente** sujeito às substâncias eventualmente originadas do maciço que cheguem até ele. Esse ecossistema deve ser objeto de futura **Avaliação de Riscos Ecológicos**.

## 9. Plano de Intervenção

### 9.1. Medidas Emergenciais

São indicadas **três** Medidas Emergenciais, a serem executadas em **curto prazo** (seis meses).

A **primeira** Medida Emergencial é o **levantamento detalhado em campo** da existência de eventuais **poços de consumo de água** dentro dos limites do **Polígono de Exclusão para Consumo de Água Subterrânea**, apresentado na **Figura 9.2.1**. Cada poço identificado deverá ter suas **coordenadas geográficas registradas** e deverá ser **lançado em planta**.

Considerando-se o uso parcial da área para **cultivo de arroz**, deverá ser adotada a **segunda** Medida Emergencial: execução de **uma** campanha para **Monitoramento da Qualidade dos Sedimentos da Área Alagadiça** com coleta de **quatro** amostras de **sedimentos superficiais**, sendo **uma** amostra coletada a **jusante**, **uma** a **montante** e **duas** na **área frontal do aterro**, para análise de **Metais Totais**. Os resultados obtidos deverão ser avaliados do ponto de vista do **risco de absorção de metais pelas as espécies vegetais ali cultivadas**, que sejam utilizadas para a **alimentação de pessoas e animais**.

E, como **última** Medida Emergencial, deverá ser executada **Avaliação de Riscos Ecológicos** eventualmente existentes para o ecossistema representado pelas **Áreas Alagadiças** existentes a jusante do aterro. Se forem identificados riscos, deverão ser tomadas as medidas cabíveis a serem **objetivamente apontadas** no próprio relatório da avaliação de riscos;

### 9.2. Medidas de Controle Institucional

Devem ser tomadas **Medidas de Controle Institucional** para garantir que **não haja consumo de água subterrânea** e que esse consumo **não venha a acontecer no futuro**, dentro dos limites do **Polígono de Exclusão** determinado, uma vez que foram observados **riscos hipotéticos vinculados à ingestão de água subterrânea**.

A principal medida institucional a ser tomada é a **proibição do consumo de água subterrânea** que seja captada na área do **Polígono de Exclusão para Consumo de Água Subterrânea**, apresentado na **Figura 9.2.1**.

### 9.3. Medidas de Acompanhamento de Qualidade Ambiental

O presente Plano de Intervenção define como **primeira** Medida de Controle da Qualidade Ambiental a execução do **Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea** da área por um **período de dez anos**. Esse monitoramento deverá ser feito na rede de **dezessete** poços instalados, inicialmente a **cada seis meses**, por um período inicial de **dois anos**, com análise de **Metais, TPH, VOC, SVOC e Pesticidas**, para a verificação do comportamento dos contaminantes já observados (metais), bem como do eventual surgimento de novos contaminantes, em função da heterogeneidade intrínseca da fonte. Passado o período inicial de dois anos, a **periodicidade** do monitoramento deverá **passar a ser anual** com execução de **dois monitoramentos**. E, passada essa segunda etapa, o monitoramento deverá **passar a ser bianual**, com execução de **três** campanhas.

Deve ser salientado que o **número** de campanhas e a sua **periodicidade** deverão ser **reavaliados a cada campanha**, devendo ser **alterados** caso o comportamento observado para os contaminantes durante o período monitorado **indique um agravamento das condições ambientais**.

A **segunda** Medida de Acompanhamento da Qualidade Ambiental a ser adotada será o **Monitoramento da Qualidade da Água Superficial** do Ribeirão das Areias, executado em **quatro** campanhas, para coleta de **quatro** amostras de água em cada uma, campanhas estas feitas a **cada seis meses**. Em cada campanha, deverá ser coletada uma amostra a jusante, uma amostra a montante e duas amostras na área frontal do aterro, para análise de **Metais Dissolvidos**. Deve ser salientado que o **número** de campanhas e a sua **periodicidade** deverão ser **constantemente reavaliados**, devendo ser **alterados** caso o comportamento observado para os contaminantes durante o período monitorado indique um **agravamento das condições ambientais**.

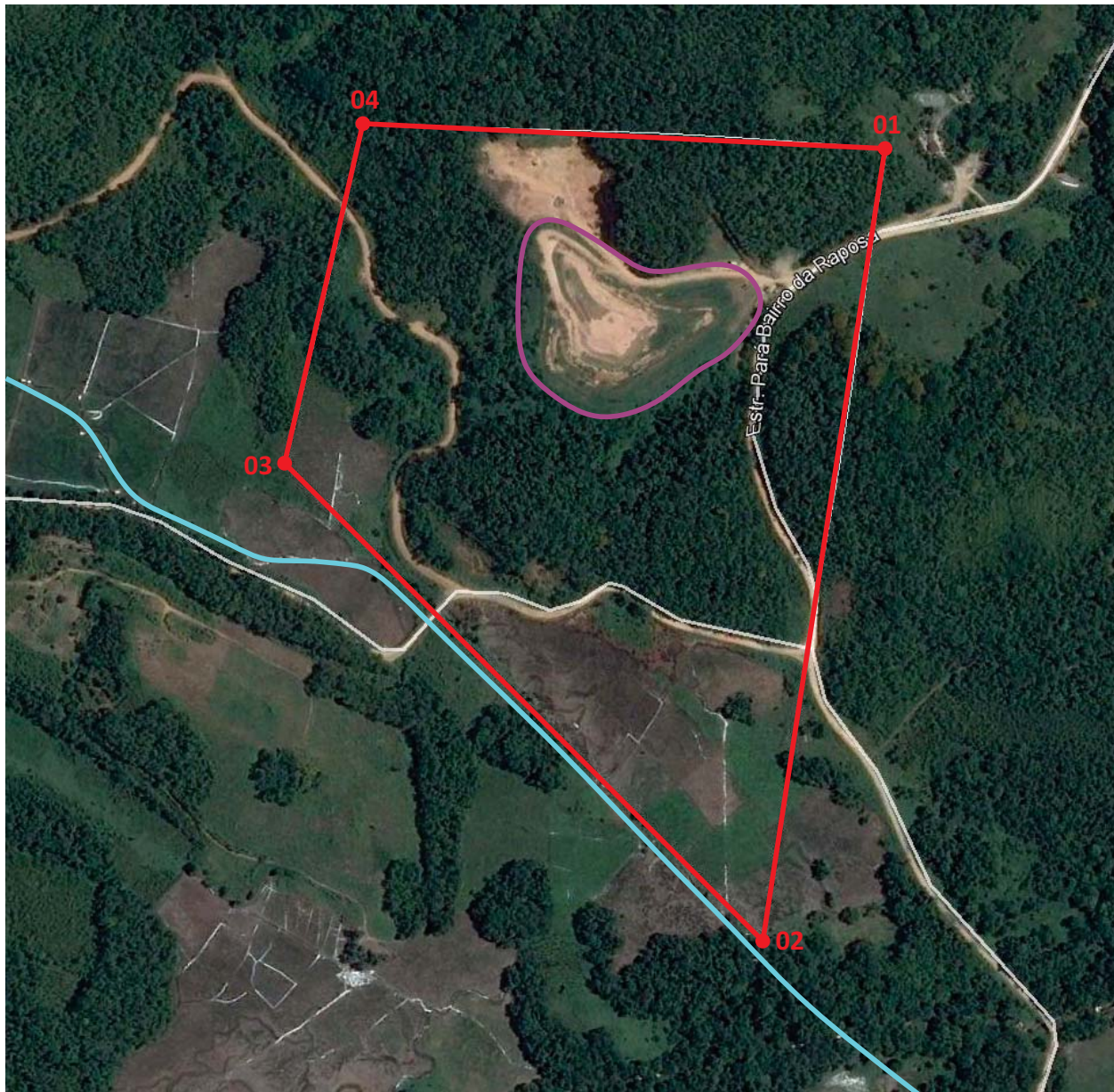


#### **9.4. Medidas de Controle de Engenharia**



**Não há necessidade** da implantação de **Medidas de Controle de Engenharia** no cenário avaliado.

#### **9.5. Medidas de Remediação**

**Não há necessidade** da implantação de **Medidas de Remediação** no cenário avaliado.



**Legenda**

-  Aterro Municipal de Registro
-  Polígono de restrição ao uso de água subterrânea (Medida de controle institucional)

- 01** ● 23J 207560.89 m E 7286716.63 m S
- 02** ● 23J 207460.41 m E 7285927.29 m S
- 03** ● 23J 206971.36 m E 7286392.32 m S
- 04** ● 23J 207048.04 m E 7286728.39 m S

 Ribeirão das Areias



Figura 9.2.1. Mapa de Intervenção.

Projeto:	Aterro Municipal de Registro.	N°:	004/17.
Local:	Bairro das Areias, Registro - SP.	Data:	Abril / 2017.
Desenhado:	Eng. Dino Paulinetti.	Aprovado:	Geol. José Carlos Branco.
		Escala:	Gráfica.



## 10. Conclusões e Recomendações

### 10.1 Conclusões

Os trabalhos de Investigação Detalhada e Avaliação de Risco executados na área do Aterro Municipal de Registro levaram às seguintes conclusões:

- Identificada contaminação da água subterrânea por **Chumbo** em **teores superiores** aos **Valores de Intervenção** da CETESB nos poços: **PM-01** (30,00 µg/L), **PM-02** (45,00 µg/L), **PM-04** (36,00 µg/L), **PM-06** (19,00 µg/L), **PM-07** (58,00 µg/L), **PM-08** (18,00 µg/L), **PM-10** (17,00 µg/L), **PM-11** (11,00 µg/L), **PM-12** (60,00 µg/L), **PM-13** (18,00 µg/L), **PM-14** (33,00 µg/L), **PM-15** (78,00 µg/L), **PM-16** (11,00 µg/L), **PM-17** (45,00 µg/L). Deve ser salientado, porém, que a presença de chumbo na água subterrânea deve ser atribuída às **características geológicas naturais da região, não tendo relação com o maciço de resíduos**;
- Identificada contaminação da água subterrânea por **Cobalto** em **teores superiores** aos **Valores de Intervenção** da CETESB nos poços **PM-06** (79,00 µg/L), **PM-12** (121,00 µg/L);
- Identificada contaminação da água subterrânea por **Cromo** em **teor superior** ao **Valor de Intervenção** da CETESB no poço **PM-12** (311,00 µg/L);
- Contaminação da água subterrânea por **Níquel** em **teor superior** ao **Valor de Intervenção** da CETESB no poço **PM-12** (114,00 µg/L);
- As plumas dos **Metais não** vinculados ao *background* foram consideradas como **delimitadas** pelo fato das áreas imediatamente a jusante dos poços onde eles metais foram identificados serem áreas alagadiças;
- **Foram identificados Riscos Não Carcinogênicos Hipotéticos** associados ao **Cobalto** para a Via de Exposição **Ingestão de Água Subterrânea** para receptores: **Residencial Rural e Urbano Criança, Residencial Rural Adulto, Residencial Urbano Adulto, Trabalhador Comercial e Industrial Adulto e Trabalhador em Obras Civas e de Escavação Adulto**;

- Entretanto, considerando-se **os usos atuais da área**, verifica-se que os riscos hipotéticos não carcinogênicos identificados **não se completam**. Portanto, **não há riscos efetivos à saúde humana, associados ao aterro de resíduos** no cenário atual.
- Caso o **uso da área seja alterado**, com **permissão ou mera ocorrência futura** do **consumo de água subterrânea**, passará a haver o **Risco Não Carcinogênico para Ingestão de Água Subterrânea** contaminada por **Pb** (natural) e **Co** para os **Receptores** indicados acima;
- A jusante da área foi observada a presença de **plantação de arroz**. Mais precisamente a sul, oeste e sudoeste do aterro.

## 10.2 Recomendações

Consideradas as conclusões apresentadas faz-se as seguintes recomendações, já descritas no Plano de Intervenção:

- Fazer um levantamento detalhado de campo, para confirmar a **inexistência de poços de consumo de água subterrânea no entorno da área**, dentro do **Polígono de Exclusão**, principalmente nas posições a jusante ao aterro;
- Realização de **uma campanha** de monitoramento da **qualidade dos sedimentos** associados à **zona de inundação** do Ribeirão das Areias, com coleta de **quatro amostras de sedimento**, uma coletada a montante, uma coletada a jusante e duas coletadas no trecho imediatamente defronte à área do aterro, priorizando as áreas utilizadas para cultivo de arroz, para identificar a presença ou não de **Metais Totais**. Caso sejam identificadas anomalias, deverão ser recomendadas as medidas cabíveis;
- **Proibir a captação de água subterrânea em poços** de água subterrânea que eventualmente venham a ser identificados bem como a **instalação de novos poços** de captação de água subterrânea na área e no seu entorno a jusante, conforme **Polígono de Exclusão (Figura 9.2.1.)**;
- Executar **Avaliação de Riscos Ecológicos** para o **ecossistema** existente na **área alagadiça** situada a **jusante do aterro**.

- Realizar **quatro campanhas, uma a cada seis meses**, para monitoramento da **qualidade da água superficial** do Ribeirão das Areias, com coleta de **quatro amostras em cada campanha**, uma coletada a montante, uma coletada a jusante e duas coletadas no trecho imediatamente defronte à área do aterro, para identificar a presença ou não de **Metais Dissolvidos**. Caso sejam identificadas anomalias, deverão ser recomendadas as medidas cabíveis;
- Realizar **quatro campanhas, uma a cada seis meses**, de monitoramento da **qualidade da água subterrânea**, com coleta de **dezessete amostras em cada campanha**, coletadas nos dezessete poços de monitoramento instalados, para identificar e quantificar **Metais, TPH, VOC, SVOC e Pesticidas**.
- Identificada a **estabilidade ou atenuação** dos teores de contaminantes na água subterrânea nas campanhas semestrais, a periodicidade do monitoramento deverá passar a ser **anual**, com execução de **duas** campanhas, **uma a cada ano**;
- Identificada a **estabilidade ou atenuação** dos teores de contaminantes na água subterrânea nas campanhas anuais, a periodicidade do monitoramento deverá passar a ser **bianual**, com execução de **três** campanhas, **uma a cada dois anos**;
- Passado o **período de dez anos** de monitoramento, deverá ser avaliada **em conjunto** com a CETESB a necessidade da **continuidade ou não** do monitoramento da água subterrânea;





## 11. Equipe Técnica

Este relatório foi preparado pela **Avatz Geologia e Engenharia Ambiental e de Segurança do Trabalho Ltda.** conforme as normas técnicas em vigor e de acordo com o contrato firmado com o cliente.

O escopo dos serviços realizados, e acima apresentado, aplica-se exclusivamente aos fins contratados. Qualquer utilização deste trabalho de forma estranha às suas finalidades aqui descritas, ainda que de forma parcial, isentará a Avatz de qualquer responsabilidade sobre o mesmo.

A equipe técnica envolvida nos trabalhos aqui apresentados é formada pelos seguintes profissionais:

Atibaia, 25 de abril de 2017.

		
<b>José Carlos Branco Assunção</b>	<b>Gisele Maria S Medeiros</b>	<b>p/ Dino Cesar H. Paulinetti</b>
Geólogo PhD CREA/SP 107.968- D	Engenheira Ambiental CREA/SP 5.061.028.259/D	Coordenador de Projetos



## 12. Referências Bibliográficas

- ABNT (1989). Apresentação de Relatórios Técnico-Científicos NBR 10719. Rio de Janeiro, RJ.
- ABNT (1990). Resumos NBR 6028. Rio de Janeiro, RJ.
- ABNT. 2010. Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga- Procedimento NBR 15.847-2010. Rio de Janeiro, RJ.
- CETESB. 2009. *Decisão de Diretoria nº 263-2009-P, de 20 de outubro de 2009*. São Paulo, SP.
- CETESB. 2007a. *Decisão de Diretoria nº 103-2007-E, de 22 de junho de 2007. Anexo Único*. São Paulo, SP. 40p.
- CETESB. 2006. *Decisão de Diretoria nº 010-2006-C, de 26 de janeiro de 2006. Anexo I a VII*. São Paulo. 2p.
- CETESB. 2014. *Decisão de Diretoria nº 045-2014-E/C/I, de 20 de fevereiro de 2014. Anexo único*. São Paulo.
- CETESB. 2001a. *Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas*. CETESB, GTZ. 2.ed. São Paulo. 389p.
- CETESB. 2001b. *Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo. 73p.
- CETESB. 2016. *Decisão de Diretoria nº 256-2016-E, de 22 de novembro de 2016. Anexo único*. São Paulo.
- FIGUEIREDO. 2011. Mineração e Saúde Ambiental Chumbo no Vale do Ribeira (PR-SP).



[www.avatz.com.br](http://www.avatz.com.br)

(11) 3522-3456 (11) 3522-5257 / [contato@avatz.com.br](mailto:contato@avatz.com.br)

Al. Lucas Nogueira Garcez, 1.395 - Vila Thais | CEP: 12942-020 | Atibaia/SP