



# Estudo Para Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea no Porto Organizado de Imbituba

Produto 3 - Etapa III - Investigação Detalhada e  
Produto 4 - Etapa IV - Avaliação de Risco





Governo do Estado de Santa Catarina  
SC Participações e Parcerias S.A.  
SCPar Porto de Imbituba

**Estudo para Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Água  
Subterrânea no Porto Organizado de Imbituba**

## **Etapa III - Investigação Detalhada e Etapa IV - Avaliação de Risco**

**Relatório Técnico da Investigação Detalhada e da  
Avaliação de Risco**

Revisão 1

**Elaboração:**

Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina – FEESC

---

---

---

# Ficha técnica

## **Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina - FEESC**

Raul Valentim da Silva - Diretor Presidente

Fernando Antônio Forcellini - Diretor Administrativo-Financeiro

Edson Roberto de Pieri - Diretor Técnico

### **Coordenação Geral**

Fabiano Giacobbo - Administrador

### **Coordenação Técnica**

Soraia Cristina Ribas Fachini Schneider – M.Sc Eng. Ambiental

### **Gerente de Projetos**

Paulo Sérgio dos Santos - Eng. Civil

### **Equipe Técnica**

Caroline Helena Rosa Lopes – Geógrafa

Diego Cathcart - Eng. Sanitarista e Ambiental

Diva Helena Teixeira Silva - Administradora

Douglas Rafael Wendt - Engenheiro Químico

José Carlos Silveira de Oliveira - Geólogo, Dr.

Marcos Felipe Wendt - Eng. Sanitarista e Ambiental e de Segurança do Trabalho

Thayse Silveira - Eng. Ambiental e Sanitarista

Tiago Carturani - Graduando em Letras Português

---



---

# Sumário

<b>Resumo Executivo .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Introdução.....</b>	<b>17</b>
1.1 Objetivos.....	17
1.2 Localização da Área .....	18
1.3 Histórico Ambiental .....	25
1.3.1 Histórico de Ocorrências Ambientais .....	25
1.3.2 Histórico de Serviços Ambientais .....	29
<b>2 Metodologia.....</b>	<b>35</b>
2.1 Investigação Detalhada .....	37
2.2 Avaliação de Risco.....	39
2.2.1 Modelamento matemático .....	41
2.2.2 Coleta, avaliação e validação de dados.....	42
<b>3 Descrição das Atividades Realizadas.....</b>	<b>45</b>
3.1 Sondagens e Instalação de Poços de Monitoramento .....	45
3.2 Coleta de Amostras de Solo e Resíduos .....	54
3.3 Coleta de Amostras de Água Subterrânea.....	60
3.4 Ensaios de Condutividade Hidráulica.....	68
3.5 Monitoramento do Nível D'Água e Eventual Fase Livre.....	69
3.6 Levantamento Topográfico Planialtimétrico .....	71
<b>4 Caracterização Ambiental da Área de Estudo .....</b>	<b>73</b>
4.1 Contexto Geológico e Hidrogeológico .....	73
4.2 Pluviometria .....	81
4.3 Uso e Ocupação .....	84
4.3.1 Poços profundos e Abastecimento de água .....	91

---

---

4.3.2	Tratamento de efluentes .....	91
4.3.3	Sistema elétrico .....	92
4.3.4	Gerenciamento de resíduos.....	92
4.3.5	Áreas do entorno com potencial de contaminação.....	95
4.3.6	Bens a proteger .....	95
4.3.7	Evolução do uso e ocupação .....	99
<b>5</b>	<b>Resultados Analíticos .....</b>	<b>107</b>
5.1	Solo .....	108
5.2	Água Subterrânea.....	134
5.3	Caracterização de Resíduos .....	203
<b>6</b>	<b>Modelo Conceitual Atualizado .....</b>	<b>211</b>
<b>7</b>	<b>Avaliação da Exposição .....</b>	<b>215</b>
7.1	Caracterização dos Cenários de Exposição .....	215
7.1.1	Substâncias químicas de interesse (SQI).....	215
7.1.2	Identificação dos potenciais receptores.....	223
7.1.3	Identificação das vias de ingresso .....	224
7.2	Quantificação da Exposição .....	228
7.2.1	Concentrações nos pontos de exposição .....	228
7.2.2	Quantificação do ingresso.....	234
7.2.3	Parâmetros físicos do meio.....	234
7.2.4	Propriedades físico-químicas dos contaminantes .....	239
7.2.5	Modelo conceitual de exposição.....	243
<b>8</b>	<b>Análise de Toxicidade.....</b>	<b>247</b>
<b>9</b>	<b>Caracterização do Risco .....</b>	<b>253</b>
<b>10</b>	<b>Mapas de Risco .....</b>	<b>269</b>
<b>11</b>	<b>Concentrações Máximas Aceitáveis (CMA) .....</b>	<b>281</b>
<b>12</b>	<b>Incertezas da Avaliação de Risco .....</b>	<b>287</b>

---

---

<b>13</b>	<b>Cubagem de Solo .....</b>	<b>291</b>
<b>14</b>	<b>Condições e Limitações .....</b>	<b>311</b>
<b>15</b>	<b>Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>313</b>
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>319</b>
	<b>Lista de abreviaturas e siglas .....</b>	<b>325</b>
	<b>Lista de tabelas.....</b>	<b>329</b>
	<b>Lista de figuras .....</b>	<b>331</b>

---



---

# Resumo Executivo

Em 26 de maio de 2015, a SCPar Porto de Imbituba S/A e a Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina (FEESC) firmaram o Contrato de Prestação de Serviços N° 024/2015, referente ao Desenvolvimento de Estudo para Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas do Porto Organizado de Imbituba, de modo a atender a solicitação da Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (FATMA) – OF. N° 0901/2014 – CODAM/TB, REF. PROC. DIV/00017/CTB.

As etapas de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória foram concluídas em setembro/2015 e abril/2016, respectivamente. Este relatório técnico apresenta os resultados da Investigação Detalhada e Avaliação de Risco a Saúde Humana, que tiveram como principais objetivos:

- a. Entender a dinâmica da contaminação nos meios físicos afetados das áreas contaminadas constatadas mediante Investigação Confirmatória.
- b. Quantificar os riscos à saúde humana para receptores eventualmente expostos às substâncias químicas provenientes das áreas contaminadas sob investigação.
- c. Calcular as concentrações máximas aceitáveis para os cenários de exposição identificados.

A seguir são apresentados os principais resultados, conclusões e ponderações da Investigação Detalhada de passivo ambiental em solo e águas subterrâneas e do Estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins de gerenciamento ambiental da área do Porto Organizado de Imbituba:

## **Investigação Detalhada**

- a. O solo local caracteriza-se como predominantemente arenoso, de granulometria fina e coloração variegada. Destaca-se, também, a ocorrência de rejeitos carbonosos (resíduos de carvão) em diferentes profundidades e com distribuição heterogênea.
- b. Na área de estudo há duas direções preferenciais de fluxo das águas subterrâneas, e um divisor de fluxo na sua porção central (região do Armazém N° 1 e da Capela de São Pedro da Praia), concordante com o relevo local:
  - Direção sudoeste-nordeste (SW-NE), sentido Praia do Porto; e

- Direção norte-sul (N-S), apresentando inflexão de noroeste para sudeste (NW-SE), sentido Canto da Praia da Vila.
- c. Os resultados de condutividade hidráulica (K) obtidos para os novos poços de monitoramento instalados variaram entre  $2,46 \times 10^{-5}$  cm/s (PM-38) e  $2,37 \times 10^{-2}$  cm/s (PM-34), condizentes com os perfis litológicos identificados para o solo local. De forma geral, a porção sul do *site* possui valores de K na ordem  $10^{-4}$  cm/s, e a região norte, na ordem de  $10^{-3}$  cm/s.
- d. Nenhuma das 50 amostras de solo coletadas para análises químicas dos parâmetros contidos no Anexo II da Resolução CONAMA N° 420/2009 apresentou concentrações de contaminantes acima dos valores de referência considerados.
- e. Na água subterrânea foram identificadas concentrações acima dos valores de intervenção para os seguintes parâmetros: **Alumínio** (PM-06, PM-11, PM-12, PM-15, PM-17, PM-18, PM-26, PM-32, PM-34, PM-35, PM-37 e PM-38), **Alumínio Dissolvido** (PM-06, PM-11, PM-12, PM-15, PM-17 e PM-18), **Arsênio** (PM-18), **Arsênio Dissolvido** (PM-18), **Boro** (PM-02, PM-03, PM-10, PM-15, PM-22, PM-24, PM-27 e PM-31), **Boro Dissolvido** (PM-02, PM-03, PM-10 e PM-15), **Cádmio** (PM-11 e PM-35), **Cádmio Dissolvido** (PM-11), **Chumbo** (PM-32), **Cobalto** (PM-11 e PM-34), **Cobalto Dissolvido** (PM-11), **Cromo** (PM-26), **Cromo Dissolvido** (PM-26), **Ferro** (PM-11, PM-14, PM-16, PM-18, PM-26, PM-30, PM-35, PM-36 e PM-38), **Ferro Dissolvido** (PM-11, PM-16, PM-18 e PM-26), **Manganês** (PM-05, PM-10, PM-11, PM-15, PM-16, PM-18, PM-19, PM-22, PM-26, PM-27, PM-30, PM-32, PM-33, PM-34, PM-35, PM-37 e PM-38), **Manganês Dissolvido** (PM-05, PM-10, PM-11, PM-16, PM-18, PM-19, PM-22 e PM-26), **Níquel** (PM-07, PM-11, PM-12, PM-15, PM-18, PM-22, PM-33, PM-34, PM-35, PM-37 e PM-38), **Níquel Dissolvido** (PM-07, PM-11, PM-12, PM-15 e PM-18), **Tálio** (PM-22), **Zinco** (PM-11, PM-34 e PM-35), **Zinco Dissolvido** (PM-11), **Nitrato** (PM-05, PM-12, PM-15, PM-22, PM-31 e PM-32), **Coliformes Termotolerantes** (PM-15, PM-19 e PM-25), **Sódio** (PM-05, PM-15, PM-26 e PM-27) e **TPH Total** (PM-26).
- f. Em nenhum dos poços amostrados foi verificada a presença de fase livre sobrenadante.

- 
- g. Em relação aos resultados do monitoramento *in-situ* dos parâmetros físico-químicos, destaca-se que os valores de Potencial Redox indicaram um ambiente predominantemente oxidante, com exceção dos resultados obtidos para os poços PM-16 (-5,3mV), PM-18 (-68,4 mV), PM-26 (-202,4 mV) e PM-30 (-83,9 mV), e que o pH da água subterrânea variou entre 3,27 (PM-35) e 7,66 (PM-25). Os baixos valores de pH detectados em diversos poços podem ser indicativos da potencial existência de fontes de contaminação de drenagem ácida ativas na área do Porto e/ou no seu entorno (ex.: ocorrência de substâncias ou resíduos ácidos, como a pirita, no subsolo).
- h. A amostra de solo com indícios da presença de resíduos SD41/0,5 foi classificada como Resíduo Classe II B – Inerte. Já as amostras RES-02 e RES-03 foram classificadas como Resíduos Classe II A – Não inertes, em função dos resultados dos ensaios de solubilização indicarem concentrações de Alumínio Total (RES-03), Ferro Total (RES-03), Fluoreto Total (RES-03), Manganês Total (RES-02 e RES-03) e Sulfato Total (RES-03) acima dos limites máximos constantes no Anexo G da ABNT NBR 10004:2004.

### **Avaliação de Risco**

- a. Trabalhadores comerciais/industriais do Porto (*on-site*):
- i. No caso de trabalhadores do Porto se instalarem na área da “toca do rato” (cenário hipotético futuro), foi quantificada a existência de potencial risco carcinogênico acima do valor aceitável para as rotas contato dérmico e inalação em ambientes fechados a partir do solo, devido à presença de PCB neste compartimento ambiental.
  - ii. A substância PCB associada aos cenários de exposição definidos para este potencial receptor não apresenta valores de dose de referência (RfD).
  - iii. Cabe salientar que a área da “toca do rato” encontra-se, atualmente, sem a presença contínua dos potenciais receptores. Neste local encontravam-se depositados tambores contendo ascarel, os quais já foram removidos. No entanto, a edificação ainda é utilizada para depósito de diversos materiais.
- b. Trabalhadores de obras (*on-site*):
- i. No caso de eventuais obras em que trabalhadores de obras venham a ter contato com a contaminação, foi quantificada a existência de potencial risco carcinogênico acima do risco aceitável para as rotas

---

contato dérmico, ingestão (acidental) e inalação de vapores a partir do solo, devido à presença de PCB neste compartimento, e contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea, devido à presença das substâncias Arsênio e Cromo na água subterrânea.

- ii. No caso de eventuais obras em que trabalhadores de obras venham a ter contato com a contaminação, os índices de perigo calculados indicam que haveria potencial risco não carcinogênico a estes receptores, acima do risco aceitável, para as vias de ingresso contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea, devido à presença de Alumínio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês, Tálcio e Nitrato na água subterrânea.
- iii. No caso de trabalhadores de obras atuarem na área contaminada, as rotas de exposição à contaminação serão eliminadas se os trabalhadores utilizarem EPIs adequados, evitando assim que estas rotas se completem, principalmente em relação às vias de ingresso contato dérmico, ingestão (acidental) e inalação de vapores a partir do solo, e contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea.

- 
- c. Trabalhadores de obras (*off-site*):
- i. Para os trabalhadores de obras localizados na fronteira norte, foi quantificada a existência de potencial risco carcinogênico acima do risco aceitável para as vias contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea, devido à presença das substâncias Arsênio e Cromo neste compartimento.
  - ii. Os índices de perigo calculados indicam que haveria potencial risco não carcinogênico aos trabalhadores de obras das fronteiras norte e sul, acima do risco aceitável, para a via de ingresso ingestão (acidental) de água subterrânea.
  - iii. As SQI associadas aos cenários de exposição definidos para os trabalhadores de obras da fronteira sul não apresentam valores de fator de carcinogenicidade (SF).
  - iv. As concentrações de exposição para quantificação do risco aos potenciais receptores *off-site* foram estimadas por simulação matemática, sem considerar os mecanismos de retardo e biodegradação, a partir de concentrações medidas na água subterrânea dentro dos limites do Porto, podendo não representar a real distribuição dos contaminantes neste compartimento ambiental nos pontos de exposição *off-site*.
- d. Não há poços de captação de água subterrânea instalados no interior da área portuária.
- e. O abastecimento de água na área do Porto é realizado pela empresa Serrana Engenharia Ltda. e, para consumo humano nos prédios administrativos, faz-se uso de água mineral envasada.
- f. Os valores da “taxa de ingestão diária de água” da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2013) considerados para os cenários de ingestão acidental de água são conservadores, potencializando eventuais situações de risco.
- g. Em relação ao Cromo, cabe salientar que devido à ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III.
- h. Para quantificação do risco a partir da via de inalação, foi necessário estimar uma concentração de exposição no ar a partir da concentração

---

medida em solo, considerando parâmetros do meio físico tabelados pela CETESB (cenário conservador).

- i. As substâncias químicas cujas concentrações indicaram a presença de risco são: Alumínio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês, Tálcio e Nitrato na água subterrânea, e PCB no solo.**

---

## **Recomendações**

- a. Comunicar à Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA) sobre os resultados deste estudo de passivo ambiental para a definição das ações de gerenciamento de riscos necessárias.
- b. Evitar qualquer utilização da água subterrânea do aquífero freático sem tratamento (como por exemplo: consumo humano, banho, dessedentação de animais, irrigação, etc.) nas regiões em que foram identificadas substâncias químicas de interesse em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde.
- c. De forma a evitar que as vias de exposição aos contaminantes sejam completadas, minimizando o risco a níveis aceitáveis, recomenda-se que os trabalhadores de eventuais obras sejam informados sobre os riscos e utilizem equipamentos de proteção individual adequados para evitar o contato com o solo e as águas subterrâneas contaminadas, enquanto a qualidade do solo e da água subterrânea não for restabelecida.
- d. De forma geral, nas regiões em que foram quantificados riscos potenciais à saúde acima dos valores aceitáveis, deve-se adotar ações de gerenciamento de risco a fim de evitar que as rotas de exposição aplicáveis se completem.
- e. Os resultados desta investigação detalhada e estudo de avaliação de risco deverão ser considerados na definição das próximas etapas do gerenciamento ambiental das áreas do Porto, em conformidade com a Resolução CONAMA Nº 420/2009.
- f. Na área do antigo depósito de ascarel, equipamentos e peças (“toca do rato”), recomenda-se, em função do histórico de utilização do local, das concentrações de PCB obtidas para as amostras de solo coletadas na sondagem SD-32 e dos riscos potenciais à saúde e ao meio ambiente associados a esta substância, as seguintes ações de intervenção:
  - i. Investigação Complementar para Fins de Remediação do Solo;
  - ii. Concepção do Sistema de Remediação/Elaboração do Projeto de Remediação, o qual deverá ser encaminhado ao órgão ambiental para aprovação;
  - iii. Execução da Remediação; e
  - iv. Monitoramento.

---

**A remediação do solo contaminado com PCB constitui medida emergencial a ser implementada, visando à segurança da população e demais bens a proteger, evitando a contaminação de novas áreas.**

- g. Realizar uma investigação ambiental complementar do solo e da água subterrânea visando identificar e remediar as fontes de contaminação que deram origem as plumas de contaminação.
- h. Realizar a destinação final adequada do antigo transformador elétrico encontrado depositado diretamente sobre o solo, próximo ao poço de monitoramento PM-17, de acordo com a legislação nacional vigente. Este equipamento deve ser considerado como resíduo perigoso.
- i. Estabelecer um **novo plano de monitoramento para a área do Porto de Imbituba, a ser aprovado pelo órgão ambiental**, no qual deverão ser definidos os poços e parâmetros a serem monitorados, bem como a frequência de monitoramento necessária, para avaliação da evolução das concentrações das SQT e avaliação da necessidade de medidas de controle complementares.
- j. No caso das próximas campanhas de monitoramento apontarem um aumento na concentração dos contaminantes em água subterrânea, deverá ser avaliada a necessidade de implantação de outras medidas de intervenção preconizadas pela Resolução CONAMA Nº 420/2009.
- k. Incluir as águas oceânicas da Praia do Porto e do Canto da Praia da Vila no plano de monitoramento da área do Porto de Imbituba, em função dos resultados analíticos obtidos para as águas subterrâneas e das direções preferenciais de fluxo subterrâneo. Recomenda-se que seja incluído, além dos parâmetros já contemplados no “Plano de Controle Ambiental da Qualidade das Águas Oceânicas”, a análise química das substâncias cujas concentrações ultrapassaram os valores de investigação neste estudo de passivo ambiental.

A critério do Órgão Ambiental, as ações recomendadas poderão ser complementadas e/ou alteradas.

---

# 1 Introdução

Em 26 de maio de 2015, a SCPar Porto de Imbituba S/A e a FEESC firmaram o Contrato de Prestação de Serviços N° 024/2015, referente ao Desenvolvimento de Estudo para Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas do Porto Organizado de Imbituba.

O estudo de passivo ambiental em solo e águas subterrâneas foi realizado de modo a atender a solicitação da Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (FATMA) – OF. N° 0901/2014 – CODAM/TB, REF. PROC. DIV/00017/CTB (ANEXO 10), contemplando as etapas de Avaliação Preliminar, Investigação Confirmatória, Investigação Detalhada e Avaliação de Risco a Saúde Humana, em conformidade com as fases de “identificação” e “diagnóstico” de áreas contaminadas da Resolução CONAMA N° 420/2009.

As etapas de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória foram concluídas em setembro/2015 e abril/2016, respectivamente.

Este relatório técnico apresenta os resultados da Etapa III – Investigação Detalhada de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas e Etapa IV – Estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins de Gerenciamento Ambiental da área do Porto Organizado de Imbituba. Os anexos (1 a 13) encontram-se em meio digital (CD anexado à contracapa deste relatório).

## 1.1 Objetivos

O estudo de passivo ambiental em solo e águas subterrâneas do Porto de Imbituba teve como objetivo principal prospectar quantitativamente a distribuição espacial de contaminantes e o grau de contaminação comparado aos valores de referência de qualidade ambiental, de acordo com a legislação brasileira em vigor, associados ao histórico de uso do local. Desta forma, foi possível obter uma visão melhor definida do problema e identificar as regiões onde será necessário o detalhamento e a delimitação da contaminação.

Em relação à etapa de Investigação Detalhada e Avaliação de Risco, seus principais objetivos foram:

- 
- a. Entender a dinâmica da contaminação nos meios físicos afetados das áreas contaminadas constatadas mediante Investigação Confirmatória.
  - b. Quantificar os riscos à saúde humana para receptores eventualmente expostos às substâncias químicas provenientes das áreas contaminadas sob investigação.
  - c. Calcular as concentrações máximas aceitáveis para os cenários de exposição identificados.

Destaca-se que a área objeto do desenvolvimento do estudo de passivo ambiental corresponde à área de interesse terrestre do Porto Organizado de Imbituba delimitada na Figura 1.

## 1.2 Localização da Área

O Porto de Imbituba está situado na Av. Presidente Vargas, nº 100, Centro, no Município de Imbituba, em SC, a cerca de 90 km ao sul da capital Florianópolis, nas coordenadas 28°14'S e 48°40'W.

O acesso rodoviário ao Porto de Imbituba a partir de Florianópolis é feito pela Rodovia Federal BR-101, sentido sul. A partir da BR-101, deve-se pegar a saída para a Av. Marieta Konder Bornhausen (Rodovia Estadual SC-435 – Acesso Norte) – a qual se torna a Rua Manoel Florentino Machado – e seguir em direção à Av. Presidente Vargas. A partir da BR-101, também é possível acessar o Porto por meio da Av. Renato Ramos da Silva (Acesso Sul). Ambos os acessos caracterizam-se por via asfaltada de pista simples.

Por mar, está a 286 milhas marítimas do Porto de Santos e 322 milhas marítimas do Porto de Rio Grande. Destaca-se também o acesso ao Porto de Imbituba por meio da linha ferroviária Tereza Cristina S/A. Com extensão total de 164 km, conecta as cidades da região sul do Estado de Santa Catarina ao Porto.

O Porto está localizado em uma enseada aberta junto à Ponta de Imbituba, abrigada por um molhe de 850 m. Possui uma área terrestre de 1.550.000 m<sup>2</sup> e uma área aquática de 750.000 m<sup>2</sup> e sua área total é de 2.300.000 m<sup>2</sup> (Porto de Imbituba, 2015). Atualmente, o Porto conta com 04 Berços de Atracação (03 em operação), nos quais são movimentados granéis sólidos e líquidos, congelados, contêineres e carga geral.

---

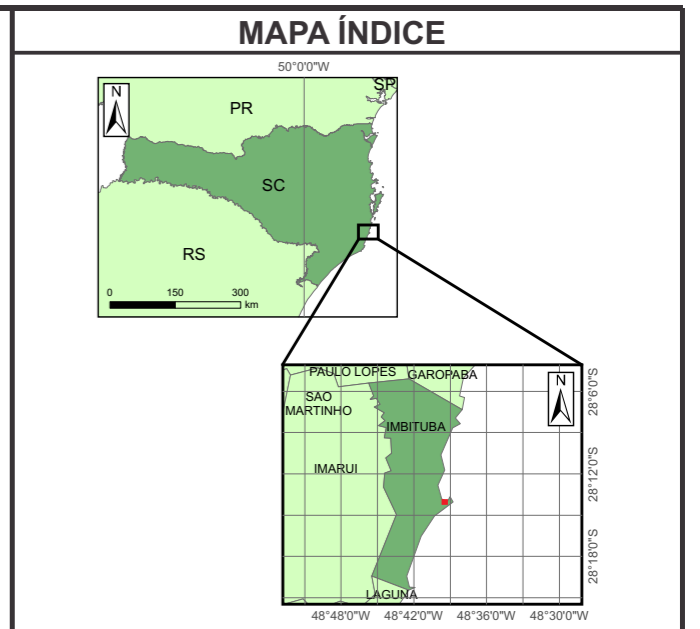
De acordo com o Decreto Federal de 17 de janeiro de 2007, publicado no Diário Oficial da União em 18 de janeiro de 2007, a área do Porto Organizado de Imbituba é constituída:

- I – pela infraestrutura portuária terrestre, tais como cais, docas, píeres de atracação, armazéns, pátios, edificações em geral, vias e passeios, e terrenos ao longo das faixas marginais, abrangidos pela poligonal da área do porto organizado e destinados à atividade portuária, incorporados ou não ao patrimônio do Porto de Imbituba; e
- II - Infraestrutura de proteção e acessos aquaviários, nela compreendida molhes, canal de acesso, bacia de evolução, área de fundeio e despejo. (BRASIL, 2007)

A área de interesse para o estudo de avaliação de passivo ambiental em solo e águas subterrâneas contempla, de forma geral, a área portuária terrestre, conforme delimitação apresentada na Figura 1. Nesta, também é possível observar a poligonal que define a área do Porto Organizado de Imbituba, segundo o Decreto Federal de 17 de janeiro de 2007, e as principais vias de acesso ao Porto.

A Figura 2 apresenta a localização e delimitação das principais instalações/edificações da área terrestre do Porto Organizado de Imbituba.

---



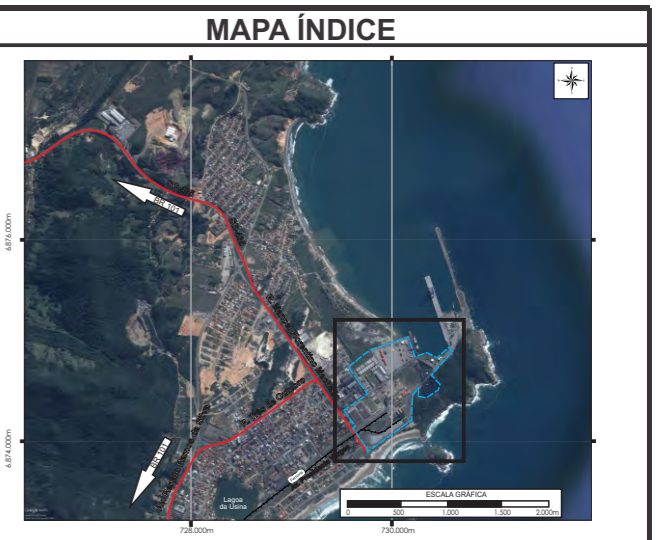
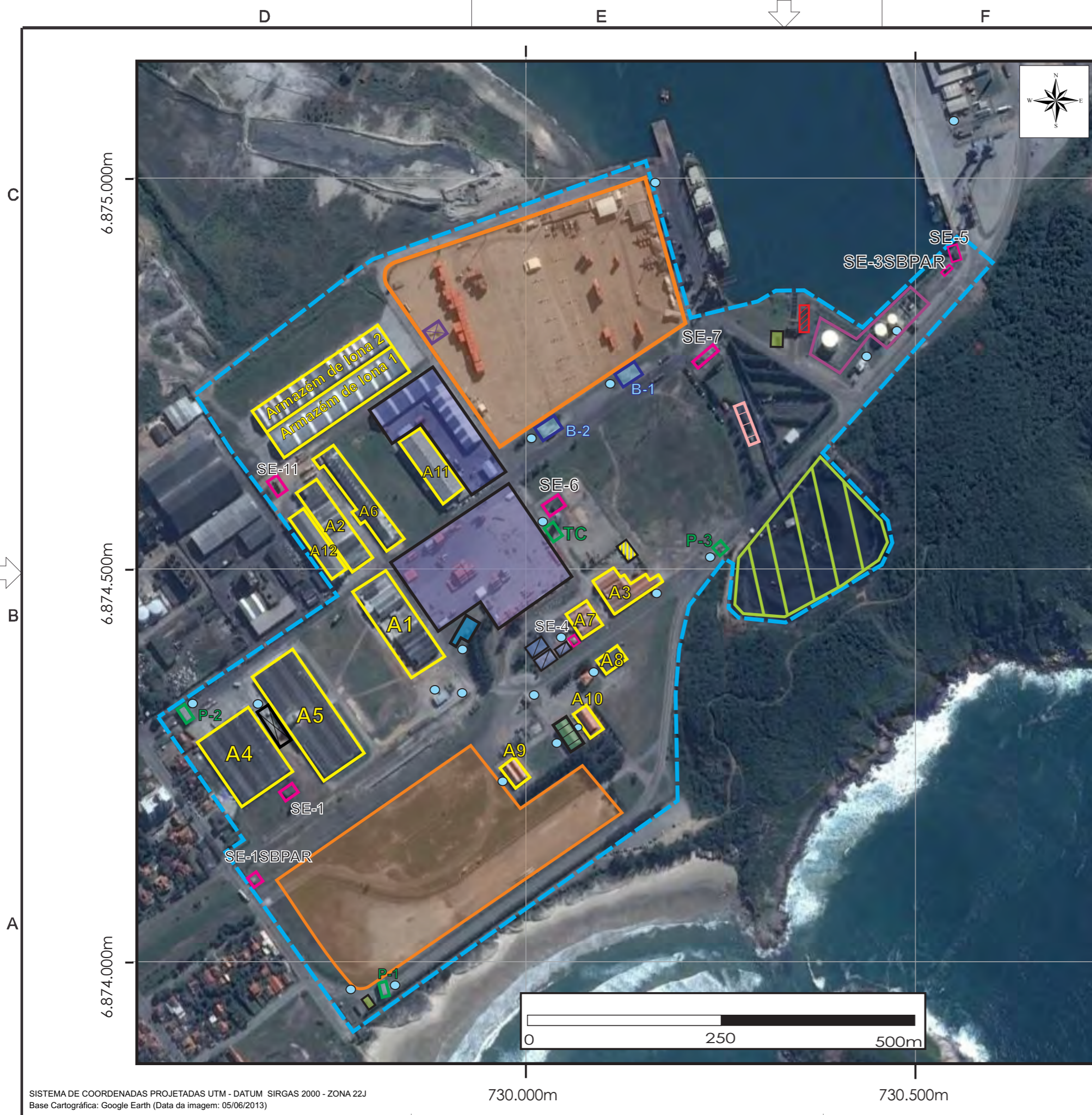
### LEGENDA

- Área do Porto Organizado de Imbituba (Decreto Federal de 17 de janeiro de 2007)
- Vértices**
  - Infraestrutura portuária terrestre e de proteção e acessos aquaviários
  - Área de Despejo
  - Área de Fundeio
- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- Vias de Acesso
- Ferrovia

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM SIRGAS 2000 - ZONA 22J  
Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 05/06/2013)

<b>CLIENTE</b> SCPAR PORTO DE IMBITUBA					
<b>PROJETO</b> ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO					
<b>ÁREA</b> PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA					
<b>TÍTULO</b> LOCALIZAÇÃO DO PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA E PRINCIPAIS VIAS DE ACESSO					
<small>Fonte: Modificada de ACQUAPLAN (2014)</small>					
DATUM	SIRGAS 2000	FORMATO	A3	FOLHA	1 de 1
DATA	18/08/2015	ESCALA	GRÁFICA		
NÚMERO	<b>FIGURA 1</b>				





- LEGENDA**
- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
  - Instalações**
  - Depósito de asfrel, transformadores e peças
  - Armazéns (A)
  - Subestações Elétricas (SE)
  - Portarias (P) e Torre de Controle (TC)
  - Balanças (B)
  - TECON - Terminal de containers
  - ILP - Sanitário, Escritório e Oficina
  - Escritório Central
  - Terminal de Soda Cáustica - TESC
  - Área de carga geral
  - Área de transbordo e triagem de resíduos
  - Área de Armazenagem de Coque Verde de Petróleo
  - Capela de São Pedro da Praia
  - Tanques aéreos**
  - Tanque de armazenamento de óleo diesel
  - Tanques de armazenamento de óleo vegetal
  - Sistemas de tratamento de efluentes**
  - Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) - CRB
  - Tanques de decantação (sistema de sedimentação/clarificação)
  - Sistemas de fossas sépticas e sumidouros

CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	LAYOUT DAS INSTALAÇÕES DO PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
Fonte: SCPAR PORTO DE IMBITUBA (2013)			
DATUM	SIRGAS 2000	FORMATO	A3
DATA	31/08/2015	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO	FOLHA 1 de 1		

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM SIRGAS 2000 - ZONA 22J  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 05/06/2013)

**FIGURA 2**



---

## 1.3 Histórico Ambiental

### 1.3.1 Histórico de Ocorrências Ambientais

De acordo com as informações levantadas na etapa de Avaliação Preliminar (FEESC, 2015), não há registros de ocorrências de vazamentos e derramamentos com consequências ambientais relevantes na área portuária.

No entanto, há relatos de um possível vazamento do poço de visita de um dos tanques de armazenamento de soda cáustica, antes da impermeabilização da sua bacia de contenção (tanque atualmente desativado).

Durante vistoria realizada por técnicos da FATMA no ano de 2014, foram constatadas irregularidades na área portuária (ANEXO 10), em específico, depósito de “ascarel” (líquido isolante sintético, resistente ao fogo, constituído de PCB, com adição de solvente – compostos benzenoclorados), transformadores e peças inutilizadas, que constituem fontes potenciais de contaminação do solo e águas subterrâneas. Na Figura 3 é possível identificar a localização do depósito de ascarel, conhecido também como “toca do rato”.

Segundo informações fornecidas pelos técnicos da SCPAr Porto de Imbituba, os tambores contendo cerca de 4.000 L de ascarel, bem como os transformadores e peças inutilizadas que encontravam-se depositadas na “toca do rato”, foram destinados em conformidade com as normas técnicas e a legislação nacional vigente. Os serviços de remoção, transporte e destinação final dos resíduos de PCB foram realizados pelas empresas WPA Ambiental, Indústria, Comércio e Serviços Ltda., Transportes AFF Ltda. e Ecovital – Central de Gerenciamento Ambiental S/A, sendo os mesmos retirados da área portuária no dia 04/10/2015. O ANEXO 11 apresenta o Relatório de Destinação Final dos Resíduos de PCB emitido pela empresa WPA.

De acordo com informações fornecidas pelos técnicos da SCPAr Porto de Imbituba, os 05 transformadores contendo ascarel que estavam em uso nas subestações do Porto também foram coletados, transportados e enviados para destinação final em 04/10/2015 (ANEXO 11), juntamente com os tambores e peças inutilizadas que estavam armazenados na “toca do rato”, sendo substituídos por novos transformadores. A Tabela 1 apresenta o levantamento do volume de ascarel que estava presente nos antigos transformadores da área do Porto de Imbituba.

**Tabela 1: Volume de ascarel que estava presente nos antigos transformadores da área do Porto de Imbituba**

<b>Área</b>	<b>Modo de armazenamento / transformador</b>	<b>Volume (L)</b>
Subestação nº 01	01 Transformador	190
Subestação nº 06	01 Transformador	145
	01 Transformador	710
Subestação nº 07	01 Transformador	270
	01 Transformador	1.145
<b>Volume Total (L)</b>		<b>2.460</b>

Fonte: SCPAr Porto de Imbituba (2015)

D

E

F

G

C

B



A



### MAPA ÍNDICE



### LEGENDA

-  Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
-  Antigo depósito de ascarel, transformadores e peças ("Toca do rato")

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM SIRGAS 2000 - ZONA 22J  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 05/06/2013)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	LOCALIZAÇÃO DO ANTIGO DEPÓSITO DE ASCAREL, TRANSFORMADORES E PEÇAS INUTILIZADAS		
DATUM	SIRGAS 2000	FORMATO	A3
DATA	11/04/2016	ESCALA	—
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

FIGURA 3



---

### 1.3.2 Histórico de Serviços Ambientais

No contexto do objeto do estudo de avaliação de passivo ambiental, cabe destacar a instalação de 05 poços de monitoramento na área do Porto de Imbituba no ano de 2006 (ASb-1 a ASb-5, também identificados como PM-01 a PM-05), pela empresa Ecodinâmica - Geologia e Projetos Ambientais, dentro do escopo do Plano de Controle Ambiental (PCA), com objetivo de verificar a influência da estocagem na qualidade das águas subterrâneas (MPB, 2006).

Com base nas informações disponíveis nos relatórios técnicos fornecidos, em virtude das obras realizadas na área portuária entre 2006 e 2009, os poços ASb-1, ASb-3 e ASb-5 foram destruídos. Apenas em 2013 foram instalados 03 novos poços em substituição aos mesmos, porém, em locais diferentes (MPB, 2013a).

A Tabela 2 a seguir, apresenta um resumo dos principais resultados obtidos nos monitoramentos da água subterrânea no período de 2006 a 2015. Salienta-se que até o ano de 2014, os monitoramentos do PCA eram realizados pela empresa MPB Saneamento Ltda. Atualmente, os monitoramentos são executados pela empresa ACQUAPLAN Tecnologia e Consultoria Ambiental Ltda.

Dentre os resultados obtidos nos monitoramentos de 2013 e 2014, destaca-se a presença do metal Chumbo com concentrações acima do valor de intervenção aplicável (10 µg/L) nos poços ASb-1, ASb-2, ASb-3 e ASb-5 e que o poço ASb-4 encontrava-se seco. Já na campanha realizada em 29/07/2015, o único parâmetro detectado acima do valor de intervenção foi o Nitrato (ASb-5).

**Tabela 2: Resumo dos resultados dos monitoramentos da água subterrânea obtidos no PCA**

<b>Data de Emissão do Documento</b>	<b>Período das Atividades</b>	<b>Empresa Responsável</b>	<b>Título do Documento</b>	<b>Resumo dos Principais Resultados para a Água Subterrânea</b>
03/09/2006	-	MPB SANEAMENTO (2006)	PCA – Plano De Controle Ambiental (PR-3005-400-931-MPB-003)	- Instalação de 05 poços de monitoramento (ASb-1 a ASb-5). - Concentrações elevadas de Sulfato em todos os poços. - pH entre 8,33 e 11,23.
04/01/2010	-	MPB SANEAMENTO (2010)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-001)	- Concentrações elevadas de Cobre e Fósforo Total no poço ASb-2 (único poço monitorado).
10/12/2010	-	MPB SANEAMENTO (2010a)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-003)	- Água subterrânea não monitorada.
30/03/2011	-	MPB SANEAMENTO (2011)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-004)	- Água subterrânea não monitorada.
30/06/2011	-	MPB SANEAMENTO (2011a)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-005)	- Água subterrânea não monitorada.
30/09/2011	Julho, agosto e setembro de 2011.	MPB SANEAMENTO (2011b)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-006)	- Água subterrânea não monitorada.
13/01/2012	Outubro, novembro e dezembro de 2011.	MPB SANEAMENTO (2012)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-007)	- Água subterrânea não monitorada.
13/04/2012	Janeiro, fevereiro e março de 2012.	MPB SANEAMENTO (2012a)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-008)	- Água subterrânea não monitorada.
06/08/2012	Abril, maio e junho de 2012.	MPB SANEAMENTO (2012b)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-009)	- Água subterrânea não monitorada.

Fonte: Elaboração própria com base nos documentos listados

**Tabela 2: Resumo dos resultados dos monitoramentos da água subterrânea obtidos no PCA (continuação)**

<b>Data de Emissão do Documento</b>	<b>Período das Atividades</b>	<b>Empresa Responsável</b>	<b>Título do Documento</b>	<b>Resumo dos Principais Resultados para a Água Subterrânea</b>
07/11/2012	Agosto, setembro e outubro de 2012.	MPB SANEAMENTO (2012c)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-010)	- Água subterrânea não monitorada.
11/01/2013	Outubro, novembro e dezembro de 2012.	MPB SANEAMENTO (2013)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-011)	- Água subterrânea não monitorada.
24/06/2013	Março, abril e maio de 2013.	MPB SANEAMENTO (2013a)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-012)	- Reinstalação de 03 poços de monitoramento, totalizando uma rede de 05 poços de monitoramento (ASb-1 a ASb-5). - Concentrações de Chumbo (ASb-2 e ASb-5) e de Nitrato (ASb-5) acima dos valores de intervenção. - Poço ASb-4 seco.
25/08/2013	Junho, julho e agosto de 2013.	MPB SANEAMENTO (2013b)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-013)	- Concentração de Chumbo (ASb-2) acima do valor de intervenção. - Poço ASb-4 seco.
27/02/2014	Outubro, novembro e dezembro de 2013.	MPB SANEAMENTO (2014)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-014)	- Concentrações de Chumbo (ASb-2 e ASb-5) acima do valor de intervenção. - Poço ASb-4 seco.
28/04/2014	Janeiro, fevereiro e março de 2014.	MPB SANEAMENTO (2014a)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-015)	- Concentrações de Chumbo (ASb-1, ASb-2, ASb-3 e ASb-5) acima do valor de intervenção. - Poço ASb-4 seco.
15/08/2014	Abril, maio, junho e julho de 2014.	MPB SANEAMENTO (2014b)	PCA – Plano De Controle Ambiental (RL-0809-400-430-MPB-016)	- Concentrações de Chumbo (ASb-2 e ASb-3) acima do valor de intervenção. - Poço ASb-4 seco.

Fonte: Elaboração própria com base nos documentos listados

**Tabela 2: Resumo dos resultados dos monitoramentos da água subterrânea obtidos no PCA (continuação)**

<b>Data de Emissão do Documento</b>	<b>Período das Atividades</b>	<b>Empresa Responsável</b>	<b>Título do Documento</b>	<b>Resumo dos Principais Resultados para a Água Subterrânea</b>
28/08/2015	Data da amostragem: 29/07/2015	ACQUAPLAN (2015)	Cadeia de Custódia Amostras Ambientais e Laudos Analíticos - NSF Bioensaios (BQ-135215/15 a BQ-135218/15)	- Concentração de Nitrato (ASb-5) acima do valor de intervenção. - Poço ASb-4 seco.

Fonte: Elaboração própria com base nos documentos listados

---

Entre os meses de junho e setembro de 2015, foi realizada a etapa de Avaliação Preliminar de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas do Porto Organizado de Imituba (FEESC, 2015), com o objetivo principal de encontrar evidências, indícios ou fatos que permitam suspeitar da existência de contaminação na área de interesse.

As atividades realizadas nessa etapa incluíram vistorias de campo, entrevistas com pessoas ligadas à área de interesse e levantamento de informações.

Com base nas evidências, indícios e fatos ambientais levantados, no histórico das atividades desenvolvidas na área avaliada e na análise das informações coletadas, foram identificadas no estudo de Avaliação Preliminar 13 áreas com potencial de contaminação (AP) do solo e água subterrânea, sendo recomendada, dentre outras ações, a realização de uma Investigação Confirmatória para confirmar ou excluir as hipóteses de contaminação.

Os serviços de campo da etapa de Investigação Confirmatória foram realizados entre novembro de 2015 e março de 2016, e contemplaram a execução de 36 sondagens investigativas para a coleta de amostras de solo e 21 sondagens para a instalação de poços de monitoramento e coleta de amostras de água subterrânea (FEESC, 2016).

Entre as 65 amostras de solo coletadas para análises químicas, apenas a amostra SD32/0,5m e sua réplica (SD32/0,5m-Réplica) apresentaram concentrações de contaminantes acima dos valores de referência considerados. Em ambas as amostras, coletadas na área da “toca do rato”, sob o piso do boxe onde se encontravam depositados tambores contendo ascarel, o **PCB** foi o único parâmetro que apresentou concentrações acima do Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA N° 420/2009.

Na água subterrânea foram identificadas concentrações acima dos valores de intervenção para os seguintes parâmetros: **Alumínio** (PM-04, PM-11, PM-12, PM-15 e PM-18), **Alumínio Dissolvido** (PM-11, PM-12, PM-15 e PM-18), **Boro** (PM-15 e PM-22), **Boro Dissolvido** (PM-15 e PM-22), **Cádmio** (PM-11), **Cádmio Dissolvido** (PM-11), **Chumbo** (PM-04), **Cobalto** (PM-11), **Cobalto Dissolvido** (PM-11), **Cromo** (PM-26), **Cromo Dissolvido** (PM-26), **Ferro** (PM-04, PM-16, PM-18 e PM-26), **Ferro Dissolvido** (PM-18 e PM-26), **Manganês** (PM-08, PM-10, PM-11, PM-15, PM-16, PM-18, PM-19, PM-22 e PM-26), **Manganês Dissolvido** (PM-08, PM-10,

---

PM-11, PM-15, PM-19 e PM-22), **Níquel** (PM-11, PM-12, PM-15 e PM-18), **Níquel Dissolvido** (PM-11), **Zinco** (PM-11 e PM-22), **Zinco Dissolvido** (PM-11 e PM-22) e **Nitrato** (PM-05, PM-12, PM-15 e PM-22).

Considerando os resultados obtidos na Investigação Confirmatória, recomendou-se, dentre outras ações, a realização das Etapas de Diagnóstico do Gerenciamento Ambiental de Áreas Contaminadas, de acordo com a Resolução CONAMA N° 420/2009, que consistem na **Investigação Detalhada e Avaliação de Risco à Saúde Humana**.



---

## 2 Metodologia

O gerenciamento ambiental de áreas contaminadas visa minimizar os riscos que a população e o meio ambiente estão sujeitos, por meio de um conjunto de medidas que assegurem o conhecimento das características dessas áreas e dos impactos por elas causados, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas.

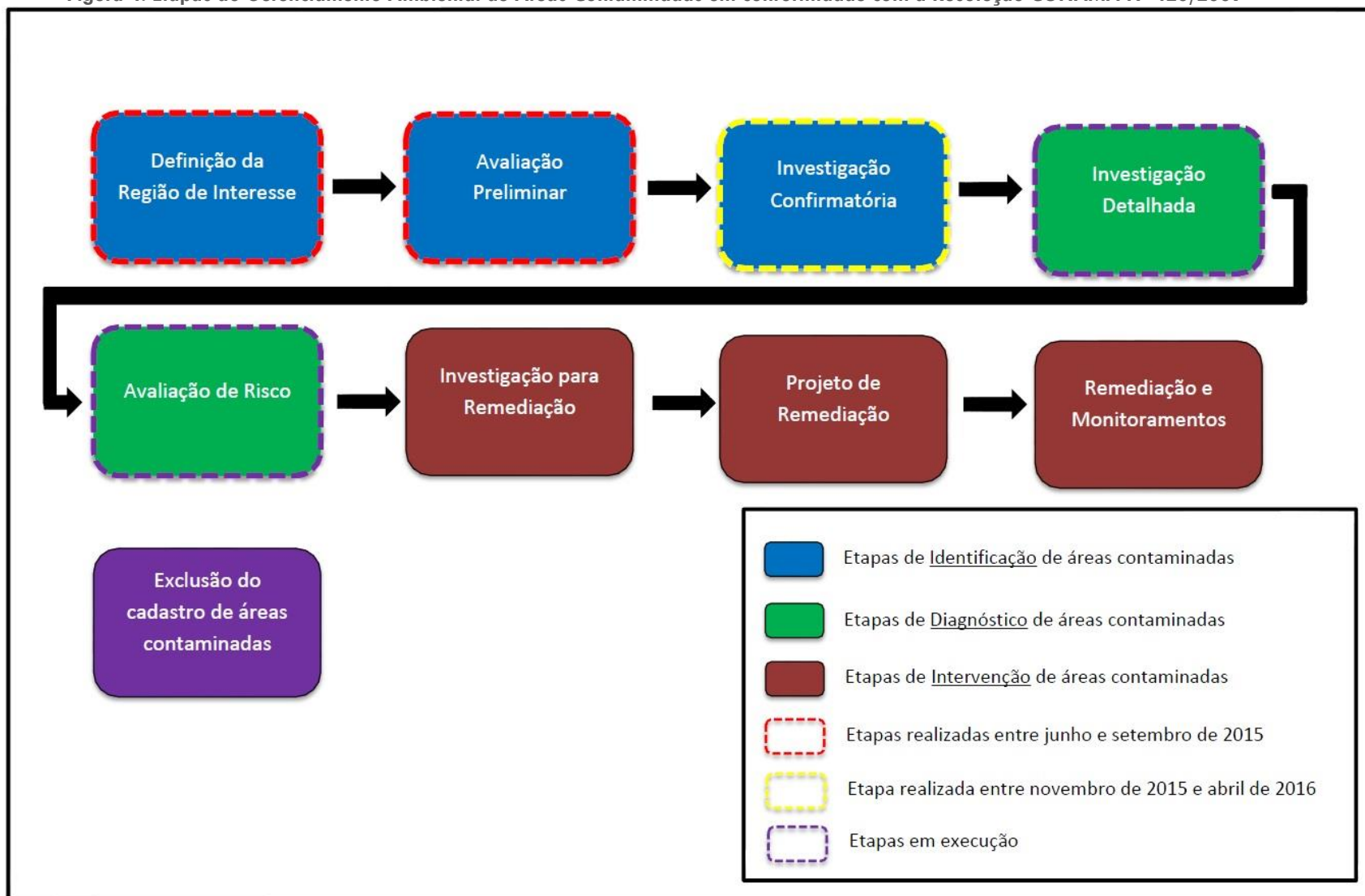
Com o objetivo de otimizar recursos técnicos e econômicos, a metodologia utilizada no gerenciamento de áreas contaminadas baseia-se em uma estratégia constituída por etapas sequenciais, em que a informação obtida em cada etapa é a base para a execução da etapa posterior.

A Figura 4 apresenta um resumo da estrutura do gerenciamento de áreas contaminadas, em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA N° 420/2009.

Com base na estrutura apresentada na Figura 4, após cumpridas as etapas de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória, deve-se proceder às Etapas de Diagnóstico de áreas contaminadas, que consistem na Investigação Detalhada e Avaliação de Risco.

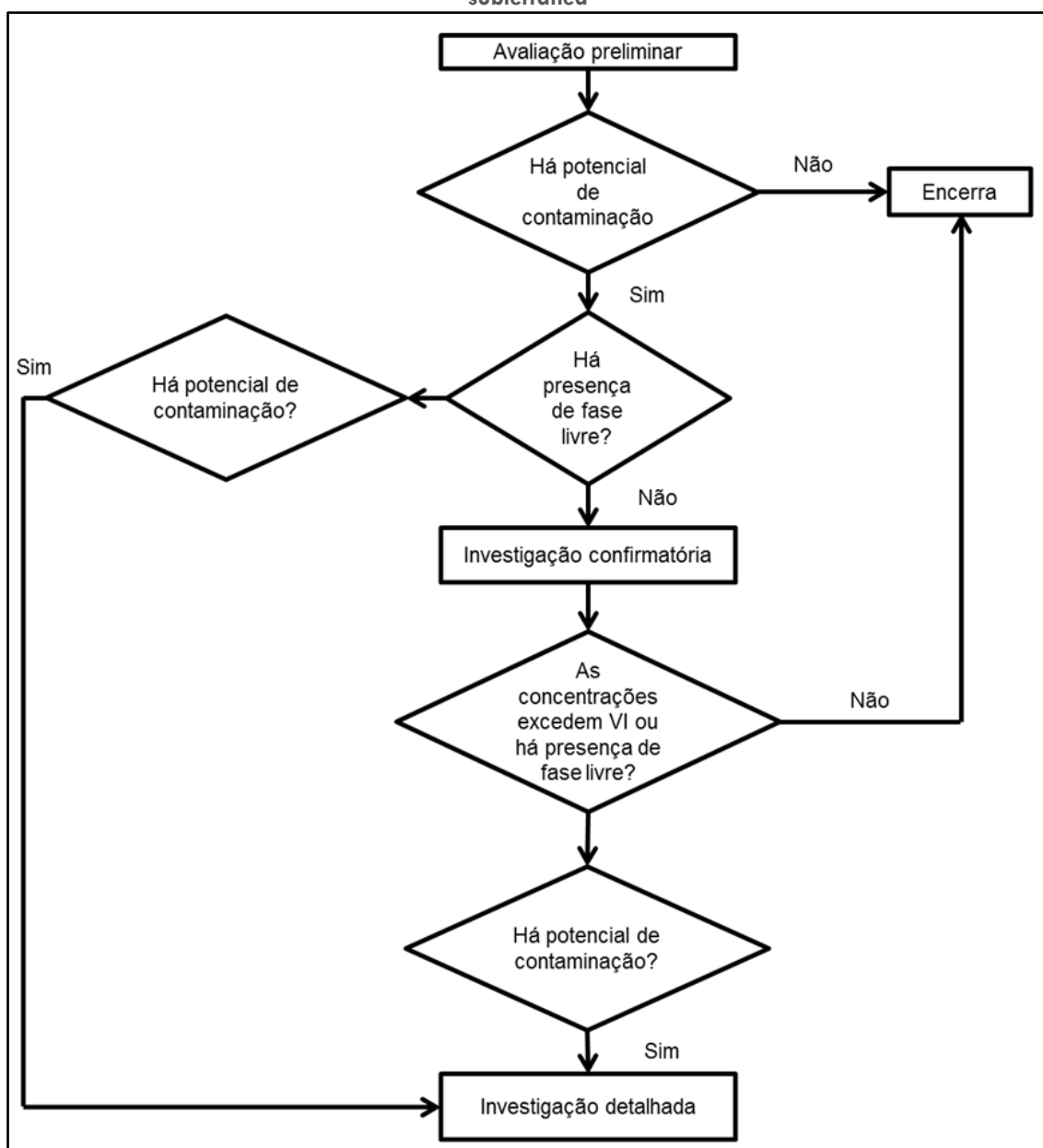
Já a Figura 5 apresenta o fluxograma de tomada de decisão na avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea, de acordo com a norma ABNT NBR 15515-3:2013.

Figura 4: Etapas do Gerenciamento Ambiental de Áreas Contaminadas em conformidade com a Resolução CONAMA N° 420/2009



Fonte: Elaboração própria, com base na Resolução CONAMA N° 420/2009

Figura 5: Fluxograma de tomada de decisão na avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea



Fonte: ABNT NBR 15515-3:2013

## 2.1 Investigação Detalhada

A Investigação Detalhada na área do Porto Organizado de Imbituba foi realizada seguindo as orientações da norma técnica ABNT NBR 15515-3:2013 e recomendações da Resolução CONAMA N° 420/2009, Decisão de Diretoria CETESB N° 103/2007/C/E (2007) e Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB/GTZ (2001).

---

De acordo com a ABNT NBR 15515-3:2013 e com a Resolução CONAMA N° 420/2009, a Investigação Detalhada consiste na aquisição e interpretação de dados da área contaminada sob investigação, a fim de entender a dinâmica da contaminação nos meios físicos afetados e identificar os cenários específicos de uso e ocupação do solo, os receptores de risco existentes, os caminhos de exposição e as vias de ingresso. Resumidamente, a execução dessa etapa visa:

- Mapeamento da contaminação por meio da comparação entre as concentrações dos contaminantes e os valores de investigação;
- Caracterização do meio físico e do entorno;
- Identificação e caracterização das fontes de contaminação;
- Definição das substâncias químicas de interesse para a área;
- Definir a dinâmica de transporte da contaminação;
- Identificar as vias de exposição e receptores para a realização de avaliação de risco à saúde humana;
- Subsidiar a elaboração de planos de ações necessários;
- Verificar a necessidade da adoção de medidas emergenciais na área de interesse, visando à segurança da população e demais bens a proteger, evitando a contaminação de novas áreas; e
- Atualizar e complementar o modelo conceitual da área em avaliação.

Sendo assim, com base no Plano de Amostragem apresentado no Relatório Técnico da Investigação Confirmatória (ANEXO 2), nas normas técnicas e na legislação vigente, foram realizadas nesta etapa as seguintes atividades:

- a. Consolidação das informações obtidas nas etapas anteriores do estudo de passivo ambiental (Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória).
- b. Caracterização ambiental da área de estudo (contexto geológico e hidrogeológico, pluviometria, uso e ocupação do solo).
- c. Avaliação prévia da presença de interferências subterrâneas e aéreas por meio de consultas aos funcionários e mapas base das instalações, de modo a evitar a ocorrência de vazamentos, acidentes e danos às estruturas durante a execução das sondagens e instalação dos poços de monitoramento.
- d. Execução de 31 sondagens de reconhecimento, com a coleta de amostras de solo para análise dos parâmetros contidos no “Anexo II - Lista de Valores Orientadores para Solos e para Águas Subterrâneas” da Resolução CONAMA N° 420/2009.

- 
- e. Instalação de 12 poços de monitoramento (PM-27 a PM-38), com a amostragem dos mesmos e dos poços existentes (PM-01 a PM-26) para análise dos parâmetros contidos no Anexo II da Resolução CONAMA N° 420/2009, TPH Total, Coliformes Termotolerantes, Berílio, Bismuto, Cálcio, Estanho, Estrôncio, Enxofre, Fósforo, Ítrio, Lítio, Magnésio, Potássio, Sódio, Tálcio e Titânio (obs.: em relação aos metais, foram analisadas as frações dissolvida e total nos poços existentes; nos novos poços, foram analisados os metais totais).
  - f. Caracterização de 03 amostras de solo com indícios da presença de resíduos, de acordo com as normas ABNT NBR 10004:2004, ABNT NBR 10005:2004, ABNT NBR 10006:2004 e ABNT NBR 10007:2004.
  - g. Coleta de 05 amostras do material que compõe as camadas representativas do solo para determinação da granulometria, porosidade total e efetiva, densidade real e aparente, umidade e fração de carbono orgânico.
  - h. Execução de 12 ensaios de condutividade hidráulica *in situ*, do tipo *slug test* / *bail down test*, nos novos poços de monitoramento instalados.
  - i. Campanha de medição do nível d'água e de eventual fase livre nos poços de monitoramento existentes e nos poços instalados, determinação das cargas hidráulicas e atualização do mapa de fluxo da água subterrânea.
  - j. Complementação do levantamento planialtimétrico cadastral da área de interesse, com a identificação e localização das novas sondagens e poços de monitoramento instalados.
  - k. Atualização e complementação do modelo conceitual da área de interesse estabelecido na Investigação Confirmatória.
  - l. Elaboração de Relatório Técnico da Investigação Detalhada.

## 2.2 Avaliação de Risco

A avaliação de risco é definida pela Resolução CONAMA N° 420/2009 como o “processo pelo qual são identificados, avaliados e quantificados os riscos à saúde humana ou bem de relevante interesse ambiental a ser protegido” (CONAMA, 2009). Constitui um procedimento tecnicamente defensável e conceitualmente sustentável para determinação das chances de ocorrência de efeitos adversos à saúde humana, decorrentes da exposição à áreas contaminadas. As metodologias de avaliação de risco são fundamentadas em princípios de toxicologia humana, no conhecimento das propriedades físico-químicas e do comportamento ambiental dos contaminantes (CETESB-GTZ, 2001).

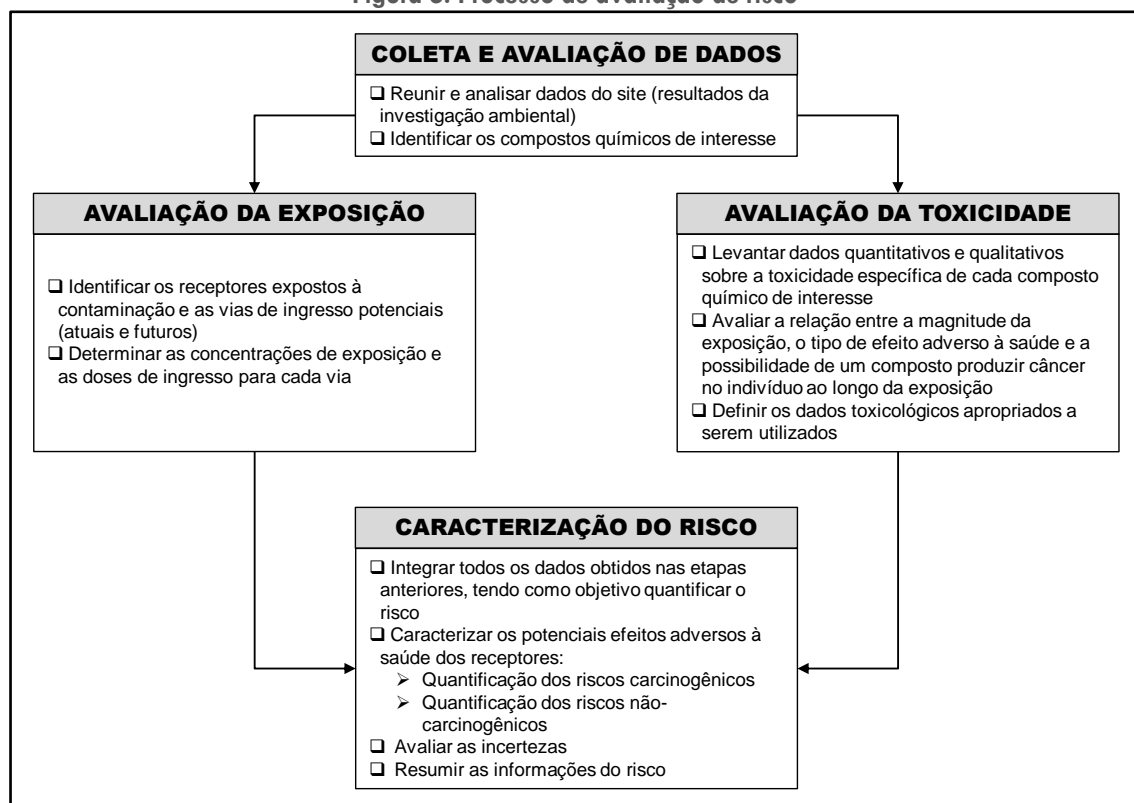
Dentro do escopo do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, a identificação e quantificação dos riscos em uma determinada área contaminada subsidiará a etapa de Intervenção (CONAMA, 2009).

A metodologia de avaliação de risco adotada neste trabalho seguiu as orientações de normas técnicas e protocolos nacionais e internacionais, em conformidade com a legislação vigente, incluindo os seguintes documentos:

- ABNT NBR 16209:2013: Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas.
- *Risk Assessment Guidance for Superfund - RAGS* (USEPA, 1989).
- Decisão de Diretoria CETESB N° 103/2007/C/E.
- Resolução CONAMA N° 420/2009.

As normas técnicas e diretrizes nacionais e internacionais de avaliação de risco tomam como referência o protocolo RAGS (USEPA, 1989). Portanto, as normas e diretrizes técnicas utilizadas no Brasil e nos Estados Unidos são muito semelhantes. Estas metodologias definem as seguintes etapas para o processo de avaliação de risco: coleta; avaliação e validação de dados; avaliação da exposição; avaliação da toxicidade; e caracterização do risco (Figura 6).

Figura 6: Processo de avaliação de risco



Fonte: Adaptado de USEPA (1989)

---

Para esta avaliação de risco foi considerado o cenário de contaminação em solo e água subterrânea identificado nas etapas de Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada, sendo o mesmo caracterizado em termos de fontes de contaminação, mecanismos de transporte e receptores.

Em conformidade com a Decisão de Diretoria CETESB Nº 103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007, foram considerados como riscos aceitáveis à saúde os seguintes valores:

- **Exposição a substâncias carcinogênicas: risco total inferior a  $10^{-5}$** . Este número representa a probabilidade de ocorrer 01 (um) caso adicional de câncer em 100.000 (cem mil), além do número usual de ocorrências, ocasionado pelos contaminantes e respectivas vias de exposição consideradas.
- **Exposição a substâncias não carcinogênicas: índice de perigo menor que 1,0**. O índice de perigo (*HI*) assume que existe um nível de exposição (*RfD*) abaixo do qual provavelmente não ocorrem efeitos adversos a saúde de populações ou indivíduos expostos a uma concentração de uma substância química de interesse para a avaliação de risco.

### 2.2.1 Modelamento matemático

As simulações de transporte e quantificação dos riscos e concentrações máximas aceitáveis (CMA) foram realizadas por meio das Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação da CETESB, versão maio de 2013 (“Planilhas CETESB”).

As Planilhas CETESB foram elaboradas com a finalidade de padronizar e otimizar a execução dos estudos de avaliação de risco realizados no estado de São Paulo, conforme determinações da Decisão de Diretoria CETESB Nº 103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007.

Por meio das Planilhas CETESB é possível quantificar os riscos individuais e cumulativos para substâncias não carcinogênicas e carcinogênicas, considerando os cenários de exposição e substâncias químicas configuradas pelo usuário, bem como calcular as CMA para essas substâncias.

A última versão desta ferramenta computacional de avaliação de risco data de maio de 2013, a qual incluiu novas substâncias e atualização dos parâmetros toxicológicos e físico-químicos conforme versão de novembro de 2012 da planilha

---

*Regional Screening Levels (RSL) for Chemical Contaminants at Superfund Sites* da USEPA. As Planilhas CETESB, versão maio de 2013, foram desenvolvidas no programa Microsoft® Excel 2010 Professional e estão disponíveis para download gratuitamente no site da CETESB<sup>1</sup>.

As equações implementadas nas Planilhas CETESB foram baseadas nas seguintes referências de cálculo:

- *RAGS - Risk Assessment Guidance for Superfund - Volume I - Human Health Evaluation Manual - Part A* (USEPA, 1989) para quantificação da exposição e do risco.
- Equações de Domenico (1987) para transporte de contaminantes em meio saturado.
- Modelo de Jury e Johnson (1991) para transporte de contaminantes em meio não saturado.
- Modelo de Johnson e Etinger (1992) para intrusão de vapores.

## 2.2.2 Coleta, avaliação e validação de dados

De acordo com a ABNT NBR 16209:2013, a etapa de coleta, avaliação e validação de dados envolveu a compilação e validação de todas as informações relevantes para o desenvolvimento de um modelo conceitual de exposição (MCE) da área de interesse, bem como a identificação dos dados básicos para a quantificação das doses de ingresso ( $I_n$ ) das substâncias químicas de interesse (SQI).

Os dados que serviram como base para o desenvolvimento do estudo de avaliação de risco foram obtidos junto aos relatórios técnicos da Avaliação Preliminar (FEESC, 2015), Investigação Confirmatória (FEESC, 2016) e Investigação Detalhada (presente relatório). Também foram consideradas as informações fornecidas pelos técnicos da SCPAr Porto de Imbituba S/A por comunicação verbal e email. As seguintes informações foram obtidas a partir dos relatórios supracitados:

- a. Resultados de análises químicas das amostras coletadas nos diferentes compartimentos do meio físico, incluindo o solo, caracterização de resíduos e água subterrânea. Foi considerado que os resultados analíticos disponíveis nos relatórios técnicos atendem aos critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR 16209:2013 para as análises químicas laboratoriais (análises realizadas por

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em: 12 de maio de 2016.

---

laboratório acreditado conforme ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005; laudos analíticos acompanhados de cadeia de custódia e relatório de recebimento das amostras, com apresentação dos critérios e resultados do controle de qualidade laboratorial adotados; limites de quantificação adequados; amostras analisadas dentro do prazo de validade);

- b. Características do meio físico que podem afetar o transporte, a atenuação natural e a persistência dos contaminantes; e
- c. Características de uso e ocupação do solo na área de interesse.

As informações referentes às propriedades físico-químicas e toxicológicas das substâncias químicas de interesse, os parâmetros de exposição e parâmetros do meio físico necessários para quantificação dos riscos que não constam nos relatórios supracitados, foram obtidos junto ao banco de dados das Planilhas CETESB (2013), conforme apresentado no item 7.



---

## 3 Descrição das Atividades Realizadas

### 3.1 Sondagens e Instalação de Poços de Monitoramento

No período de 19 de abril a 12 de maio de 2016 foram executadas 31 sondagens de reconhecimento na área de interesse para a coleta de amostras de solo, sendo 12 sondagens para a instalação de poços de monitoramento, totalizando 145,99 m perfurados.

Os serviços de sondagem e instalação de poços de monitoramento foram realizados pela empresa Testesolo Engenharia Civil Ltda.

A localização das sondagens e poços de monitoramento foi definida com o objetivo de entender a dinâmica da contaminação nos meios físicos afetados identificados na Investigação Confirmatória e fornecer subsídios para a realização da etapa subsequente de avaliação de risco (esquema de distribuição direcionada). De forma complementar, procurou-se incluir no escopo desta investigação as áreas suspeitas levantadas durante a Avaliação Preliminar que ainda apresentam incertezas sobre a presença de contaminantes.

A posição inicial proposta para locação das sondagens e poços de monitoramento no Plano de Amostragem (ANEXO 2) foi alterada nos casos onde foram encontradas interferências, dificuldades de acesso ao local, ou ainda em função de características geológicas e de novos indícios de contaminação. A Figura 7 apresenta a localização das sondagens executadas e dos poços de monitoramento instalados.

As sondagens foram executadas com trado mecanizado de 6” de diâmetro, seguindo as especificações apresentadas pela norma ABNT NBR 15492:2007 – Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - Procedimento.

Os poços de monitoramento foram instalados seguindo as especificações de projeto, construção e desenvolvimento apresentadas pelas normas:

- 
- ABNT NBR 15495-1:2007 rev. 2009 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 1: Projeto e construção,;
  - ABNT NBR 15495-2:2008 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 2: Desenvolvimento,.

Os poços de monitoramento foram construídos com tubos de revestimento e filtros geomecânicos nervurados de 2”, rosqueáveis entre si, tendo o filtro ranhuras transversais de 0,50 mm de abertura. Os poços foram instalados conforme perfil litológico e o nível d’água do aquífero freático.

O espaço anular da seção filtrante foi preenchido com pré-filtro, e na seção de revestimento, preenchido com bentonita. O acabamento superficial foi realizado com selo de concreto, tampa de pressão e caixa de proteção de PVC, de modo a evitar a migração de eventuais contaminantes da superfície para o subsolo. Para os poços instalados nas áreas em que há circulação de veículos foi utilizado câmara de calçada como revestimento protetor.

Após a instalação dos poços de monitoramento, os mesmos foram desenvolvidos em conformidade com os procedimentos estabelecidos pela norma ABNT NBR 15495-2:2008.

Durante as perfurações foram descritos os materiais encontrados em profundidade, com indicação dos eventuais indícios tácteis-visuais de contaminação, obtendo-se assim perfis litológicos do solo local. O ANEXO 4 apresenta os perfis litológicos das sondagens e construtivos dos poços de monitoramento instalados.

Ao término de cada perfuração, os equipamentos e ferramentas utilizados foram devidamente descontaminados com água deionizada e detergente alcalino isento de fosfato.

A Tabela 3 apresenta as características das sondagens realizadas, enquanto a Tabela 4 contém os parâmetros construtivos dos poços de monitoramento instalados.

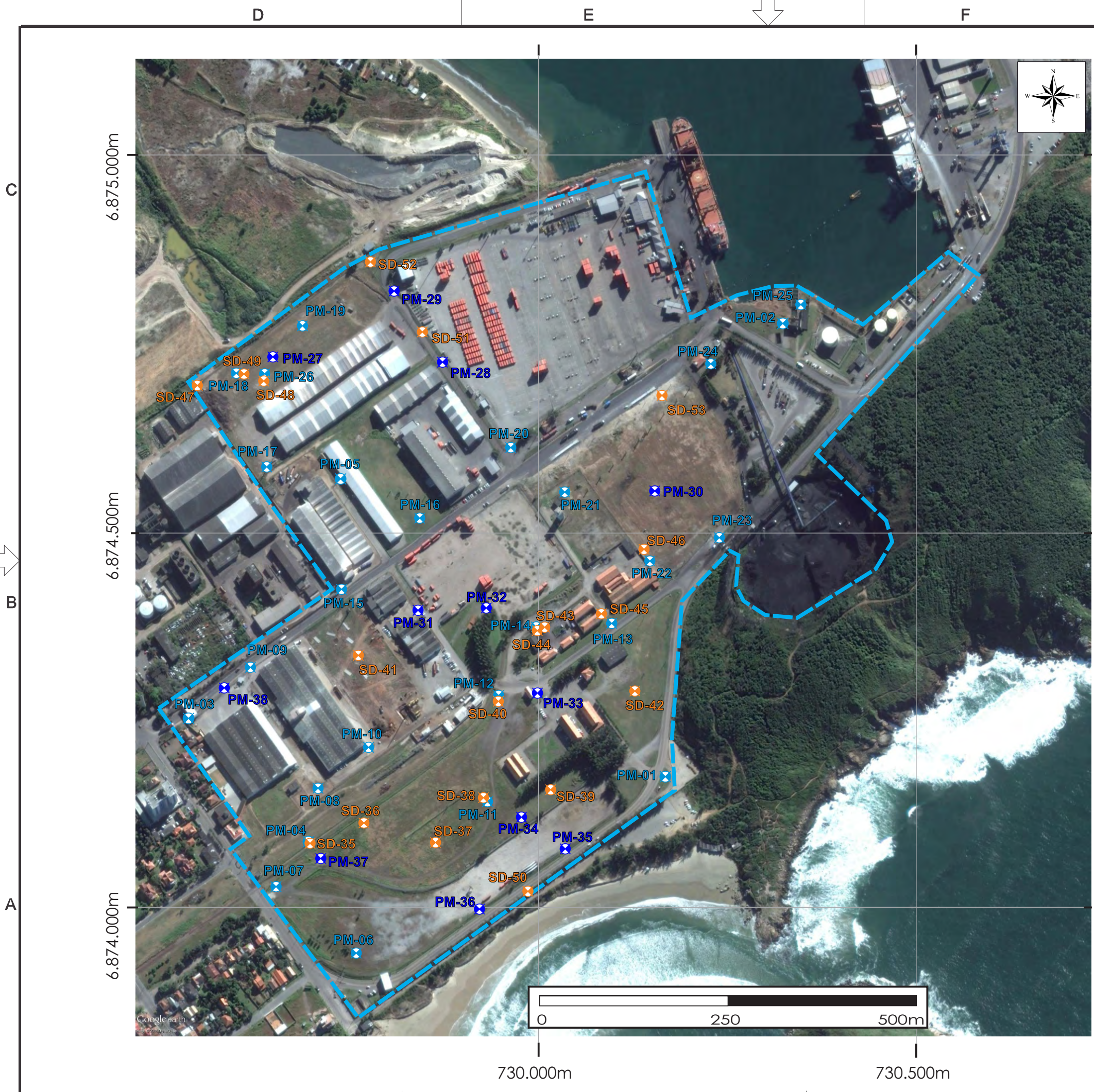
Na porção do solo localizada entre os Armazéns 7 e 3, além das sondagens de reconhecimento, foram executadas trincheiras investigativas a partir de escavação manual, de forma a complementar a investigação sobre a possível presença de tanques de combustível subterrâneos.

As trincheiras foram realizadas até 1,0m de profundidade, partindo-se de uma antiga tubulação identificada na superfície (possível suspiro do tanque). Em torno de 0,5m de profundidade, foi encontrado um trecho de tubulação de ferro fundido seccionado (possível continuação da tubulação identificada na superfície), onde foi

---

coletada amostra de solo para análises químicas (SD-45/0,5). Contudo, na área investigada, não foi verificada a presença de tanques subterrâneos. Cabe salientar que esta área apresenta risco de perfuração. Isto porque o traçado da rede de distribuição de energia elétrica subterrânea, a cerca de 1,0m de profundidade tem a presença de eletrodutos nesta profundidade, o que limitou o avanço das trincheiras/sondagens. As trincheiras foram executadas no dia 25 de abril de 2016, pela empresa Testesolo.









**MAPA ÍNDICE**



**LEGENDA**

-  Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
-  SD-XX Sondagem de reconhecimento executada
-  PM-XX Poço de monitoramento pré-existente
-  PM-XX Poço de monitoramento instalado

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS EXECUTADAS E POÇOS DE MONITORAMENTO INSTALADOS		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	01/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO	FOLHA 1 de 1		

**FIGURA 7**



Tabela 3: Descrição das sondagens de reconhecimento

Sondagem	Diâmetro	Tipo de sondagem	Nível de surgimento d'água (m) <sup>(6)</sup>	Nível d'água estabilizado (m) <sup>(6)</sup>	Profundidade (m) <sup>(6)</sup>	Data
SD-35	6"	Mecanizada	4,10	D.I.	4,10	25/04/2016
SD-36	6"	Mecanizada	4,60	D.I.	4,60	20/04/2016
SD-37 <sup>(2)</sup>	6"	Mecanizada	5,40	D.I.	5,40	19/04/2016
SD-38 <sup>(2)</sup>	6"	Mecanizada	6,00	D.I.	6,00	19/04/2016
SD-39	6"	Mecanizada	6,30	D.I.	6,30	25/04/2016
SD-40	6"	Mecanizada	4,40	D.I.	4,40	20/04/2016
SD-41 <sup>(2)</sup>	6"	Mecanizada	5,10	D.I.	5,10	25/04/2016
SD-42	6"	Mecanizada	3,10	D.I.	3,10	26/04/2016
SD-43 <sup>(5)</sup>	6"	Mecanizada	4,20	D.I.	4,20	20/04/2016
SD-44 <sup>(5)</sup>	6"	Mecanizada	4,10	D.I.	4,10	25/04/2016
SD-45 <sup>(1)</sup>	6"	Mecanizada	2,70	D.I.	2,70	25/04/2016
SD-46 <sup>(2)</sup>	6"	Mecanizada	3,00	D.I.	3,00	26/04/2016
SD-47 <sup>(2)(3)</sup>	6"	Mecanizada	4,30	D.I.	4,30	26/04/2016
SD-48 <sup>(4)(5)</sup>	6"	Mecanizada	4,10	D.I.	4,10	26/04/2016
SD-49 <sup>(2)(3)(4)(5)</sup>	6"	Mecanizada	4,00	D.I.	4,00	26/04/2016
SD-50	6"	Mecanizada	5,00	D.I.	5,00	09/05/2016
SD-51 <sup>(2)</sup>	6"	Mecanizada	3,20	D.I.	3,20	06/05/2016
SD-52	6"	Mecanizada	-	D.I.	0,70	26/04/2016
SD-53	6"	Mecanizada	3,50	D.I.	3,50	09/05/2016
PM-27 <sup>(4)</sup>	6"	Mecanizada	3,00	3,20	5,53	06/05/2016
PM-28	6"	Mecanizada	3,10	3,20	5,03	09/05/2016
PM-29	6"	Mecanizada	3,10	3,11	4,76	09/05/2016

Fonte: Perfis Litológicos das Sondagens e Construtivos dos Poços de Monitoramento (ANEXO 4)

**Obs.:** No ANEXO 4, os pontos de sondagem (SD) foram identificados por ST (ex.: SD-01=ST-01).

<sup>(1)</sup> Verificada a presença de resíduo oleoso intemperizado durante a perfuração.

<sup>(2)</sup> Verificada a presença de resíduos de carvão durante a perfuração.

<sup>(3)</sup> Verificada a presença de resíduos de óxido de ferro durante a perfuração.

<sup>(4)</sup> Verificada a presença de gesso durante a perfuração.

<sup>(5)</sup> Verificada a presença de entulho durante a perfuração.

<sup>(6)</sup> Valores medidos a partir do nível do terreno.

(-) A perfuração do solo encontrou grande quantidade de pedras, impenetrável ao trado mecânico, antes da ocorrência do lençol freático.

D.I. Dado inexistente (sondagem investigativa executada para a coleta de amostras de solo sem a instalação de poços de monitoramento).

Tabela 3: Descrição das sondagens de reconhecimento (continuação)

Sondagem	Diâmetro	Tipo de sondagem	Nível de surgimento d'água (m) <sup>(6)</sup>	Nível d'água estabilizado (m) <sup>(6)</sup>	Profundidade (m) <sup>(6)</sup>	Data
PM-30 <sup>(2)</sup>	6"	Mecanizada	3,70	3,78	4,30	10/05/2016
PM-31 <sup>(2)</sup>	6"	Mecanizada	3,70	3,53	6,40	05/05/2016
PM-32	6"	Mecanizada	3,80	3,66	4,48	05/05/2016
PM-33	6"	Mecanizada	4,10	4,53	6,17	05/05/2016
PM-34	6"	Mecanizada	5,70	5,80	7,03	29/04/2016
PM-35 <sup>(2)</sup>	6"	Mecanizada	5,30	5,32	7,40	29/04/2016
PM-36	6"	Mecanizada	5,00	5,12	7,22	28/04/2016
PM-37	6"	Mecanizada	3,30	3,65	4,47	28/04/2016
PM-38	6"	Mecanizada	2,30	2,65	5,40	10/05/2016

Fonte: Perfis Litológicos das Sondagens e Construtivos dos Poços de Monitoramento (ANEXO 4)

**Obs.:** No ANEXO 4, os pontos de sondagem (SD) foram identificados por ST (ex.: SD-01=ST-01).

<sup>(1)</sup> Verificada a presença de resíduo oleoso intemperizado durante a perfuração.

<sup>(2)</sup> Verificada a presença de resíduos de carvão durante a perfuração.

<sup>(3)</sup> Verificada a presença de resíduos de óxido de ferro durante a perfuração.

<sup>(4)</sup> Verificada a presença de gesso durante a perfuração.

<sup>(5)</sup> Verificada a presença de entulho durante a perfuração.

<sup>(6)</sup> Valores medidos a partir do nível do terreno.

(-) A perfuração do solo encontrou grande quantidade de pedras, impenetrável ao trado mecânico, antes da ocorrência do lençol freático.

D.I. Dado inexistente (sondagem investigativa executada para a coleta de amostras de solo sem a instalação de poços de monitoramento).

Tabela 4: Características construtivas dos poços de monitoramento

Poço	Diâmetro da perfuração	Diâmetro do filtro/revestimento	Profundidade (m)	Intervalo do revestimento (m)	Intervalo do filtro (m)	Intervalo do selo (m)	Intervalo do pré-filtro (m)	Nível de surgimento d'água (m)	Nível d'água estabilizado (m)	Data de instalação
PM-27	6"	2"	5,53	0,00 – 2,53	2,53 – 5,53	0,00 – 1,83	1,83 – 5,53	3,00	3,20	06/05/2016
PM-28	6"	2"	5,03	0,00 – 2,03	2,03 – 5,03	0,00 – 1,33	1,33 – 5,03	3,10	3,20	09/05/2016
PM-29	6"	2"	4,76	0,00 – 1,76	1,76 – 4,76	0,00 – 1,16	1,16 – 4,76	3,10	3,11	09/05/2016
PM-30	6"	2"	4,30	0,00 – 2,30	2,30 – 4,30	0,00 – 0,50	0,50 – 4,30	3,70	3,78	10/05/2016
PM-31	6"	2"	6,40	0,00 – 3,40	3,40 – 6,40	0,00 – 2,80	2,80 – 6,40	3,70	3,53	05/05/2016
PM-32	6"	2"	4,48	0,00 – 1,48	1,48 – 4,48	0,00 – 0,68	0,68 – 4,48	3,80	3,66	05/05/2016
PM-33	6"	2"	6,17	0,00 – 3,17	3,17 – 6,17	0,00 – 2,57	2,57 – 6,17	4,10	4,53	05/05/2016
PM-34	6"	2"	7,03	0,00 – 4,03	4,03 – 7,03	0,00 – 3,43	3,43 – 7,03	5,70	5,80	29/04/2016
PM-35	6"	2"	7,40	0,00 – 4,40	4,40 – 7,40	0,00 – 3,80	3,80 – 7,40	5,30	5,32	29/04/2016
PM-36	6"	2"	7,22	0,00 – 4,22	4,22 – 7,22	0,00 – 3,52	3,52 – 7,22	5,00	5,12	28/04/2016
PM-37	6"	2"	4,47	0,00 – 1,47	1,47 – 4,47	0,00 – 0,77	0,77 – 4,47	3,30	3,65	28/04/2016
PM-38	6"	2"	5,40	0,00 – 2,40	2,40 – 5,40	0,00 – 1,60	1,60 – 5,40	2,30	2,65	10/05/2016

Fonte: Perfis Construtivos dos Poços de Monitoramento (ANEXO 4)

**Obs.:** Valores medidos a partir do nível do terreno.

---

## 3.2 Coleta de Amostras de Solo e Resíduos

Para avaliação da qualidade do solo da área de interesse foram coletadas, entre os dias 19 de abril e 10 de maio de 2016, 50 amostras de solo para análises químicas laboratoriais de todos os parâmetros contidos no Anexo II da Resolução CONAMA N° 420/2009.

De forma geral, foram coletadas 02 amostras simples de solo em cada sondagem investigativa realizada (sendo uma em superfície e outra no horizonte situado logo acima da franja capilar ou na profundidade que apresentou indícios de contaminação), e 01 amostra simples de solo por sondagem executada para instalação de poço de monitoramento (no horizonte situado logo acima da franja capilar ou na profundidade que apresentou indícios de contaminação).

A Tabela 5 apresenta a identificação das amostras de solo coletadas e a sua relação com os pontos de amostragem (sondagens).

As amostras de solo foram coletadas seguindo as orientações contidas no Capítulo 6300 - Amostragem do Solo, do Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB(2001), e na norma ABNT NBR 15492:2013.

Também foram coletadas 03 amostras de solo com indícios da presença de resíduos (ex.: presença de resíduos de carvão, pilha de rejeitos e solo escavado), visando determinar suas características e classificação de acordo com as normas ABNT NBR 10004:2004, ABNT NBR 10005:2004 e ABNT NBR 10006:2004, conforme identificação apresentada na Tabela 6. Estas amostras foram coletadas seguindo os procedimentos definidos pela norma ABNT NBR 10007:2004.

Além disso, foram coletadas 05 amostras do material que compõe as camadas representativas do solo para determinação da granulometria, porosidade total e efetiva, densidade real e aparente, umidade e fração de carbono orgânico (amostras deformadas e indeformadas de solo).

Ao final de cada amostragem, os equipamentos utilizados foram devidamente descontaminados com água deionizada e detergente alcalino isento de fosfato.

As amostras de solo e resíduos coletadas foram acondicionadas em frascos específicos fornecidos pelo laboratório, adequados ao escopo analítico (solo: frascos de vidro de 100 g e frascos de plástico de 50 g; resíduos: frascos plásticos de 2,0 kg). Os frascos foram armazenados em caixas térmicas de isopor com gelo para refrigeração em torno de 4,0 °C, e posteriormente despachadas para o laboratório Analytical

---

Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda. (acreditado pelo Inmetro segundo os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 - Acreditação nº CRL 0212, e certificado pela FATMA – Certidão Ambiental Nº 7270/2015), localizado em São Paulo/SP, para realização das análises químicas e ensaios físicos.

Todos os dados relativos à coleta das amostras foram anotados em cadeias de custódia que acompanharam as amostras desde a coleta até a chegada ao laboratório.

O ANEXO 6 apresenta as cadeias de custódia (COC) e o *check-list* de recebimento de amostras do laboratório. As metodologias analíticas empregadas estão indicadas nos relatórios de ensaio (ANEXO 8).

Tabela 5: Identificação das amostras de solo coletadas

Sondagem (Ponto de coleta)	Profundidade de coleta (m)	Identificação da amostra	Data de coleta	Parâmetros analisados	ID Laboratório	Nº do Relatório de Ensaio
SD-35	0,5	SD35/0,5	25/04/2016	CONAMA 420	60330	9354/2016
SD-35	4,1	SD35/4,1	25/04/2016	CONAMA 420	60331	9354/2016
SD-36	0,5	SD36/0,5	20/04/2016	CONAMA 420	60104	9332/2016
SD-36	4,6	SD36/4,6	20/04/2016	CONAMA 420	60105	9332/2016
SD-37	0,5	SD37/0,5	19/04/2016	CONAMA 420	60100	9332/2016
SD-37	5,4	SD37/5,4	19/04/2016	CONAMA 420	60101	9332/2016
SD-38	0,5	SD38/0,5	19/04/2016	CONAMA 420	60098	9332/2016
SD-38	6,0	SD38/6,0	19/04/2016	CONAMA 420	60099	9332/2016
SD-39	0,5	SD39/0,5	25/04/2016	CONAMA 420	60326	9354/2016
SD-39	6,3	SD39/6,3	25/04/2016	CONAMA 420	60327	9354/2016
SD-40	0,5	SD40/0,5	20/04/2016	CONAMA 420	60106	9332/2016
SD-40	4,4	SD40/4,4	20/04/2016	CONAMA 420	60107	9332/2016
SD-41	0,7	SD41/0,7	25/04/2016	CONAMA 420	60328	9354/2016
SD-41	5,1	SD41/5,1	25/04/2016	CONAMA 420	60329	9354/2016
SD-42	0,5	SD42/0,5	26/04/2016	CONAMA 420	60338	9357/2016
SD-42	3,1	SD42/3,1	26/04/2016	CONAMA 420	60339	9357/2016
SD-43	0,5	SD43/0,5	20/04/2016	CONAMA 420	60108	9332/2016
SD-43	4,2	SD43/4,2	20/04/2016	CONAMA 420	60109	9332/2016
SD-44	0,5	SD44/0,5	25/04/2016	CONAMA 420	60322	9354/2016
SD-44	4,1	SD44/4,1	25/04/2016	CONAMA 420	60323	9354/2016
SD-45	0,5	SD45/0,5	25/04/2016	CONAMA 420	60324	9354/2016

Fonte: Cadeias de Custódia (ANEXO 6)

Tabela 5. Identificação das amostras de solo coletadas (continuação)

Sondagem (Ponto de coleta)	Profundidade de coleta (m)	Identificação da amostra	Data de coleta	Parâmetros analisados	ID Laboratório	Nº do Relatório de Ensaio
SD-45	2,7	SD45/2,7	25/04/2016	CONAMA 420	60325	9354/2016
SD-46	0,5	SD46/0,5	26/04/2016	CONAMA 420	60340	9357/2016
SD-46	3,0	SD46/3,0	26/04/2016	CONAMA 420	60341	9357/2016
SD-47	0,6	SD47/0,6	26/04/2016	CONAMA 420	60346	9357/2016
SD-47	4,3	SD47/4,3	26/04/2016	CONAMA 420	60347	9357/2016
SD-48	0,5	SD48/0,5	26/04/2016	CONAMA 420	60344	9357/2016
SD-48	4,1	SD48/4,1	26/04/2016	CONAMA 420	60345	9357/2016
SD-49	0,5	SD49/0,5	26/04/2016	CONAMA 420	60342	9357/2016
SD-49	4,0	SD49/4,0	26/04/2016	CONAMA 420	60343	9357/2016
SD-50	0,7	SD50/0,7	09/05/2016	CONAMA 420	68139	10647/2016
SD-50	5,0	SD50/5,0	09/05/2016	CONAMA 420	68140	10647/2016
SD-51	0,7	SD51/0,7	06/05/2016	CONAMA 420	68135	10647/2016
SD-51	3,2	SD51/3,2	06/05/2016	CONAMA 420	68136	10647/2016
SD-52	0,7	SD52/0,7	26/04/2016	CONAMA 420	64714	10088/2016
SD-53	0,5	SD53/0,5	09/05/2016	CONAMA 420	68137	10647/2016
SD-53	3,5	SD53/3,5	09/05/2016	CONAMA 420	68138	10647/2016
PILHA DE ENTULHO	Superficial	PILHA DE ENTULHO	26/04/2016	CONAMA 420	60258	9345/2016
PM-27	3,0	PM27/3,0	06/05/2016	CONAMA 420	68134	10647/2016
PM-28	1,0	PM28/1,0	09/05/2016	Índices Físicos	68142	10647/2016
PM-28	3,1	PM28/3,1	09/05/2016	CONAMA 420	68143	10647/2016
PM-29	3,1	PM29/3,1	09/05/2016	CONAMA 420	68141	10647/2016

Fonte: Cadeias de Custódia (ANEXO 6)

Tabela 5. Identificação das amostras de solo coletadas (continuação)

Sondagem (Ponto de coleta)	Profundidade de coleta (m)	Identificação da amostra	Data de coleta	Parâmetros analisados	ID Laboratório	Nº do Relatório de Ensaio
PM-30	1,0	PM30/1,0	10/05/2016	Índices Físicos	68144	10647/2016
PM-30	3,7	PM30/3,7	10/05/2016	CONAMA 420	68145	10647/2016
PM-31	3,7	PM31/3,7	05/05/2016	CONAMA 420	64723	10088/2016
PM-32	1,0	PM32/1,0	05/05/2016	Índices Físicos	64722	10088/2016
PM-32	3,8	PM32/3,8	05/05/2016	CONAMA 420	64721	10088/2016
PM-33	4,1	PM33/4,1	05/05/2016	CONAMA 420	64720	10088/2016
PM-34	1,0	PM34/1,0	29/04/2016	Índices Físicos	64718	10088/2016
PM-34	5,7	PM34/5,7	29/04/2016	CONAMA 420	64719	10088/2016
PM-35	5,1	PM35/5,1	29/04/2016	CONAMA 420	64717	10088/2016
PM-36	4,7	PM36/4,7	28/04/2016	CONAMA 420	64716	10088/2016
PM-37	3,0	PM37/3,0	28/04/2016	CONAMA 420	64715	10088/2016
PM-38	1,0	PM38/1,0	10/05/2016	Índices Físicos	68146	10647/2016
PM-38	2,3	PM38/2,3	10/05/2016	CONAMA 420	68147	10647/2016

Fonte: Cadeias de Custódia (ANEXO 6)

**Tabela 6: Identificação das amostras de solo com indícios da presença resíduos coletadas**

<b>Ponto de coleta</b>	<b>Profundidade de coleta (m)</b>	<b>Justificativa para a coleta</b>	<b>Identificação da amostra</b>	<b>Data de coleta</b>	<b>Parâmetros analisados</b>	<b>ID Laboratório</b>	<b>N° do Relatório de Ensaio</b>
SD-41	0,5	Presença de resíduos de carvão na camada superficial do solo	SD41/0,5	25/04/2016	ABNT NBR 10004:2004/ 10005:2004/10006:2 004	60255	9343/2016
PILHA DE ENTULHO	Superficial	Pilha de rejeitos e solo escavado	PILHA DE ENTULHO	26/04/2016	ABNT NBR 10004:2004/ 10005:2004/10006:2 004	60256	9343/2016
RES-03 (entorno da pilha de entulho)	Superficial	Presença de resíduos de carvão na camada superficial do solo	RES-03	26/04/2016	ABNT NBR 10004:2004/ 10005:2004/10006:2 004	60257	9343/2016

Fonte: Cadeias de Custódia (ANEXO 6)

---

## 3.3 Coleta de Amostras de Água Subterrânea

Para auxiliar no entendimento da dinâmica da contaminação na zona saturada do aquífero local, foram coletadas amostras de água subterrânea em todos os poços de monitoramento do Porto de Imbituba (poços preexistentes e novos poços instalados), totalizando 36 amostras.

As amostras coletadas foram analisadas para todos os parâmetros contidos no Anexo II da Resolução CONAMA Nº 420/2009, TPH Total, Coliformes Termotolerantes, Berílio, Bismuto, Cálcio, Estanho, Estrôncio, Enxofre, Fósforo, Ítrio, Lítio, Magnésio, Potássio, Sódio, Tálcio e Titânio (obs.: em relação aos metais, foram analisadas as frações dissolvida e total nos poços preexistentes, PM-01 a PM-26; nos novos poços instalados, PM-27 a PM-38, foram analisados os metais totais).

A campanha de monitoramento também incluiu a coleta de amostras de controle de qualidade, em conformidade com as orientações da norma ABNT NBR 16435:2015 brancos de viagem, branco de campo, branco de equipamento e réplica. A Tabela 7 apresenta a identificação das amostras de água subterrânea coletadas.

Salienta-se que o escopo inicial de amostragem previa a coleta de amostras de água subterrânea nos 38 poços de monitoramento da área de estudo (26 poços preexistentes: PM-01 a PM-26; e 12 novos poços instalados: PM-27 a PM-38). No entanto, os poços PM-09 e PM-23 não puderam ser monitorados por apresentarem volume de água insuficiente para a coleta.

Os serviços de amostragem e análises químicas foram realizados pelo laboratório Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda., sendo os procedimentos de purga e coleta de amostras realizados no período de 18 de maio a 02 de junho de 2016.

A coleta de amostras de água subterrânea foi realizada por meio de uma bomba controladora de vazão com compressor, uma bomba de bexiga portátil e um medidor multiparâmetro devidamente calibrado (ANEXO 7), empregando-se o método de baixa-vazão (*low-flow*), em conformidade com as orientações da norma ABNT NBR 15847:2010. Foram empregadas baixas taxas de bombeamento dos poços com controle de rebaixamento de nível, a fim de evitar o rebaixamento excessivo do nível de água do poço. Os parâmetros físico-químicos oxigênio dissolvido, potencial de oxirredução, pH, temperatura, condutividade elétrica e turbidez foram monitorados *in-*

---

*situ* durante o bombeamento para se determinar o momento de encerramento da purga, sendo consideradas aceitáveis as faixas de variação de estabilização desses parâmetros definidas pela ABNT NBR 15847:2010.

Destaca-se que as amostras de água subterrânea dos poços PM-04 e PM-30 foram coletadas por meio de bomba peristáltica, em virtude da pequena coluna de água identificada. Pelo mesmo motivo, o poço PM-32 foi amostrado por meio de *bailer*, sendo empregado o método de “purga de volume determinado” para este poço, de acordo com as orientações da norma ABNT NBR 15847:2010, sendo os parâmetros físico-químicos medidos antes do início da purga e ao final da coleta.

Ao final de cada amostragem, os equipamentos utilizados foram devidamente descontaminados com água deionizada e detergente alcalino isento de fosfato.

As amostras coletadas foram acondicionadas em frascos específicos a cada conjunto de parâmetros, com os devidos preservantes, adequados ao escopo analítico (ANEXO 6). Os frascos foram armazenados em caixas térmicas de isopor com gelo para refrigeração em torno de 4,0 °C, e despachadas diariamente via transporte terrestre até o município de Florianópolis, para encaminhamento ao laboratório Analytical via transporte aéreo, localizado em São Paulo/SP, para realização das análises químicas e bacteriológicas.

Todos os dados relativos à coleta das amostras foram anotados em cadeias de custódia e planilhas de campo de amostragem, que acompanharam as amostras desde a coleta até a chegada ao laboratório.

O ANEXO 6 apresenta as COC, as planilhas de campo para amostragem de água subterrânea e o *check-list* de recebimento de amostras do laboratório. As metodologias analíticas empregadas estão indicadas nos relatórios de ensaio (ANEXO 8).

Os resíduos sólidos gerados durante a campanha de amostragem da água subterrânea (ex.: luvas, barbantes, mangueiras, sacos plásticos) foram encaminhados para a área de transbordo e triagem de resíduos do Porto de Imbituba, gerenciada e operada pela empresa Brooks Empreendimentos Ltda., para a destinação final adequada.

Destaca-se que durante a circulação na área de estudo para realização da campanha de amostragem, foi observada a presença de um antigo transformador elétrico depositado diretamente sobre o solo, próximo ao poço de monitoramento PM-

---

17. Conforme recomendação apresentada no item 14, este equipamento deve ter destinação final adequada, de acordo com a legislação nacional vigente.

Tabela 7: Identificação das amostras de água subterrânea coletadas

Poço de monitoramento (Ponto de coleta)	Identificação da amostra	Data de Coleta	Parâmetros analisados <sup>(7)</sup>	ID Laboratório	Nº do Relatório de Ensaio
PM-01	PM-01	20/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	71348	11073/2016
PM-02	PM-02	24/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	73595	11371/2016
PM-03	PM-03	25/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	74314	11493/2016
PM-04	PM-04	27/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	74784	11541/2016
PM-05	PM-05	23/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	72557	11262/2016
PM-06	PM-06	18/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	69925	10887/2016
PM-07	PM-07	18/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	69926	10887/2016
PM-08	PM-08	27/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	74783	11541/2016
PM-09 <sup>(2) (3)</sup>	-	-	-	-	-
PM-10	PM-10	25/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	74318	11493/2016
PM-11	PM-11	19/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	70733	10969/2016

Fonte: Cadeias de Custódia (ANEXO 6)

<sup>(1)</sup> Novo poço de monitoramento instalado na Investigação Detalhada.

<sup>(2)</sup> Poço não monitorado por apresentar volume de água insuficiente para a coleta.

<sup>(3)</sup> Verificada a presença de sedimentos no fundo do poço, o qual foi desenvolvido novamente, mas mesmo assim, não foi possível a sua amostragem.

<sup>(4)</sup> Amostra com presença de sedimentos.

<sup>(5)</sup> Amostra com forte odor (aparentemente sulfeto de hidrogênio).

<sup>(6)</sup> Em relação aos metais, foram analisadas as frações dissolvida e total.

<sup>(7)</sup> Também foram analisados para todas as amostras coletadas nos poços de monitoramento os parâmetros Berílio, Bismuto, Cálcio, Estanho, Estrôncio, Enxofre, Fósforo, Ítrio, Lítio, Magnésio, Potássio, Sódio, Tálcio e Titânio.

(-) Dado inexistente (poço não amostrado).

**Tabela 7: Identificação das amostras de água subterrânea coletadas (continuação)**

<b>Poço de monitoramento (Ponto de coleta)</b>	<b>Identificação da amostra</b>	<b>Data de Coleta</b>	<b>Parâmetros analisados <sup>(7)</sup></b>	<b>ID Laboratório</b>	<b>Nº do Relatório de Ensaio</b>
PM-12	PM-12	18/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	69927	10887/2016
PM-13	PM-13	19/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	70737	10969/2016
PM-14	PM-14	19/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	70736	10969/2016
PM-15	PM-15	25/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	74316	11493/2016
PM-16	PM-16	23/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	72558	11262/2016
PM-17	PM-17	23/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	72559	11262/2016
PM-18	PM-18	24/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	73597	11371/2016
PM-19	PM-19	24/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	73598	11371/2016
PM-20	PM-20	23/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	72556	11262/2016
PM-21	PM-21	19/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	70738	10969/2016

Fonte: Cadeias de Custódia (ANEXO 6)

<sup>(1)</sup> Novo poço de monitoramento instalado na Investigação Detalhada.

<sup>(2)</sup> Poço não monitorado por apresentar volume de água insuficiente para a coleta.

<sup>(3)</sup> Verificada a presença de sedimentos no fundo do poço, o qual foi desenvolvido novamente, mas mesmo assim, não foi possível a sua amostragem.

<sup>(4)</sup> Amostra com presença de sedimentos.

<sup>(5)</sup> Amostra com forte odor (aparentemente sulfeto de hidrogênio).

<sup>(6)</sup> Em relação aos metais, foram analisadas as frações dissolvida e total.

<sup>(7)</sup> Também foram analisados, para todas as amostras coletadas nos poços de monitoramento, os parâmetros Berílio, Bismuto, Cálcio, Estanho, Estrôncio, Enxofre, Fósforo, Ítrio, Lítio, Magnésio, Potássio, Sódio, Tálcio e Titânio.

(-) Dado inexistente (poço não amostrado).

Tabela 7: Identificação das amostras de água subterrânea coletadas (continuação)

Poço de monitoramento (Ponto de coleta)	Identificação da amostra	Data de Coleta	Parâmetros analisados <sup>(7)</sup>	ID Laboratório	Nº do Relatório de Ensaio
PM-22	PM-22	20/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	71349	11073/2016
PM-23 <sup>(2)</sup>	-	-	-	-	-
PM-24	PM-24	20/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	71350	11073/2016
PM-25	PM-25	24/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	73596	11371/2016
PM-26	PM-26 <sup>(5)</sup>	24/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	73599	11371/2016
PM-27 <sup>(1)</sup>	PM-27	01/06/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	77453	11888/2016
PM-28 <sup>(1)</sup>	PM-28	01/06/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	77452	11888/2016
PM-29 <sup>(1)</sup>	PM-29	01/06/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	77454	11888/2016
PM-30 <sup>(1)</sup>	PM-30	01/06/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	77455	11888/2016
PM-31 <sup>(1)</sup>	PM-31	31/05/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	76746	11799/2016
PM-31 <sup>(1)</sup>	PM-31R (Réplica)	31/05/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	76747	11799/2016

Fonte: Cadeias de Custódia (ANEXO 6)

<sup>(1)</sup> Novo poço de monitoramento instalado na Investigação Detalhada.

<sup>(2)</sup> Poço não monitorado por apresentar volume de água insuficiente para a coleta.

<sup>(3)</sup> Verificada a presença de sedimentos no fundo do poço, o qual foi desenvolvido novamente, mas mesmo assim, não foi possível a sua amostragem.

<sup>(4)</sup> Amostra com presença de sedimentos.

<sup>(5)</sup> Amostra com forte odor (aparentemente sulfeto de hidrogênio).

<sup>(6)</sup> Em relação aos metais, foram analisadas as frações dissolvida e total.

<sup>(7)</sup> Também foram analisados para todas as amostras coletadas nos poços de monitoramento os parâmetros Berílio, Bismuto, Cálcio, Estanho, Estrôncio, Enxofre, Fósforo, Ítrio, Lítio, Magnésio, Potássio, Sódio, Tálcio e Titânio.

(-) Dado inexistente (poço não amostrado).

**Tabela 7: Identificação das amostras de água subterrânea coletadas (continuação)**

Poço de monitoramento (Ponto de coleta)	Identificação da amostra	Data de Coleta	Parâmetros analisados <sup>(7)</sup>	ID Laboratório	Nº do Relatório de Ensaio
PM-32 <sup>(1)</sup>	PM-32 <sup>(4)</sup>	02/06/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	78001	12049/2016
PM-33 <sup>(1)</sup>	PM-33	31/05/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	76745	11799/2016
PM-34 <sup>(1)</sup>	PM-34	30/05/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	76257	11713/2016
PM-35 <sup>(1)</sup>	PM-35	30/05/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	76255	11713/2016
PM-36 <sup>(1)</sup>	PM-36	30/05/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	76254	11713/2016
PM-37 <sup>(1)</sup>	PM-37	30/05/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	76256	11713/2016
PM-38 <sup>(1)</sup>	PM-38 <sup>(4)</sup>	31/05/2016	CONAMA 420, TPH Total, Coliformes Termotolerantes	76748	11799/2016
Branco de Campo		25/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	74317	11493/2016
Branco de Equipamento		25/05/2016	CONAMA 420 <sup>(6)</sup> , TPH Total, Coliformes Termotolerantes	74315	11493/2016
Branco de Viagem - 01		18/05/2016	VOC	69924	10887/2016

Fonte: Cadeias de Custódia (ANEXO 6)

<sup>(1)</sup> Novo poço de monitoramento instalado na Investigação Detalhada.

<sup>(2)</sup> Poço não monitorado por apresentar volume de água insuficiente para a coleta.

<sup>(3)</sup> Verificada a presença de sedimentos no fundo do poço, o qual foi desenvolvido novamente, mas mesmo assim, não foi possível a sua amostragem.

<sup>(4)</sup> Amostra com presença de sedimentos.

<sup>(5)</sup> Amostra com forte odor (aparentemente sulfeto de hidrogênio).

<sup>(6)</sup> Em relação aos metais, foram analisadas as frações dissolvida e total.

<sup>(7)</sup> Também foram analisados, para todas as amostras coletadas nos poços de monitoramento, os parâmetros Berílio, Bismuto, Cálcio, Estanho, Estrôncio, Enxofre, Fósforo, Ítrio, Lítio, Magnésio, Potássio, Sódio, Tálcio e Titânio.

(-) Dado inexistente (poço não amostrado).

**Tabela 7: Identificação das amostras de água subterrânea coletadas (continuação)**

Poço de monitoramento (Ponto de coleta)	Identificação da amostra	Data de Coleta	Parâmetros analisados <sup>(7)</sup>	ID Laboratório	Nº do Relatório de Ensaio
Branco de Viagem - 02		19/05/2016	VOC	70732	10969/2016
Branco de Viagem - 03		20/05/2016	VOC	71347	11073/2016
Branco de Viagem - 04		23/05/2016	VOC	72555	11262/2016
Branco de Viagem - 05		24/05/2016	VOC	73594	11371/2016
Branco de Viagem - 06		25/05/2016	VOC	74313	11493/2016
Branco de Viagem - 07		27/05/2016	VOC	74782	11541/2016
Branco de Viagem - 08		30/05/2016	VOC	76186	11713/2016
Branco de Viagem - 09		31/05/2016	VOC	76744	11799/2016
Branco de Viagem - 10		01/06/2016	VOC	77407	11888/2016
Branco de Viagem - 11		02/06/2016	VOC	78000	12049/2016

Fonte: Cadeias de Custódia (ANEXO 6)

<sup>(1)</sup> Novo poço de monitoramento instalado na Investigação Detalhada.

<sup>(2)</sup> Poço não monitorado por apresentar volume de água insuficiente para a coleta.

<sup>(3)</sup> Verificada a presença de sedimentos no fundo do poço, o qual foi desenvolvido novamente, mas mesmo assim, não foi possível a sua amostragem.

<sup>(4)</sup> Amostra com presença de sedimentos.

<sup>(5)</sup> Amostra com forte odor (aparentemente sulfeto de hidrogênio).

<sup>(6)</sup> Em relação aos metais, foram analisadas as frações dissolvida e total.

<sup>(7)</sup> Também foram analisados para todas as amostras coletadas nos poços de monitoramento os parâmetros Berílio, Bismuto, Cálcio, Estanho, Estrôncio, Enxofre, Fósforo, Ítrio, Lítio, Magnésio, Potássio, Sódio, Tálcio e Titânio.

(-) Dado inexistente (poço não amostrado).

### 3.4 Ensaios de Condutividade Hidráulica

Entre os dias 18 e 19 de maio de 2016 foram realizados ensaios de campo do tipo *slug test / bail down test* nos 12 novos poços de monitoramento instalados (PM-27 a PM-38), para determinação da condutividade hidráulica (K) do meio. Os ensaios foram realizados pela empresa Testesolo Engenharia Civil Ltda.

Os testes *slug* e *bail* consistem, respectivamente, em elevar ou rebaixar rapidamente um volume de água no poço, procedendo-se em seguida a medição e análise da taxa com que este volume é drenado ou recuperado através do aquífero.

Há vários métodos de interpretação para o *slug test / bail test*. Neste trabalho aplicou-se o método de Hvorslev (1951), representado na Equação 1, pois o mesmo é utilizado para estimar a condutividade hidráulica do material aquífero circundante ao filtro do poço de monitoramento (LAGE, 2005).

$$K = \frac{r^2 \times \ln\left(\frac{L}{R}\right)}{2 \times L \times T_0} \quad (1)$$

Onde: K = condutividade hidráulica (m/s); r = raio do revestimento (m); L = comprimento do filtro (m); R = raio do filtro incluindo o pré-filtro (m); T<sub>0</sub> = tempo de recuperação do nível d'água (s) – tempo que leva para o nível d'água cair 37 % da variação inicial.

O ANEXO 5 apresenta a descrição completa dos ensaios de condutividade hidráulica *in-situ* realizados. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 8 a seguir.

**Tabela 8: Resultados dos ensaios de condutividade hidráulica (K) *in-situ***

Poço de monitoramento	Data do ensaio	K - <i>slug-in</i> (cm/s)	K - <i>slug-out</i> (cm/s)	K - médio <sup>(1)</sup> (cm/s)
PM-27	19/05/2016	1,05 x 10 <sup>-3</sup>	1,28 x 10 <sup>-3</sup>	1,17 x 10 <sup>-3</sup>
PM-28	19/05/2016	1,56 x 10 <sup>-3</sup>	1,98 x 10 <sup>-3</sup>	1,77 x 10 <sup>-3</sup>
PM-29	19/05/2016	1,78 x 10 <sup>-3</sup>	2,61 x 10 <sup>-3</sup>	2,20 x 10 <sup>-3</sup>
PM-30	19/05/2016	1,37 x 10 <sup>-3</sup>	1,88 x 10 <sup>-3</sup>	1,63 x 10 <sup>-3</sup>
PM-31	19/05/2016	8,00 x 10 <sup>-4</sup>	7,60 x 10 <sup>-4</sup>	7,80 x 10 <sup>-4</sup>

Poço de monitoramento	Data do ensaio	K - slug-in (cm/s)	K - slug-out (cm/s)	K - médio <sup>(1)</sup> (cm/s)
PM-32	18/05/2016	3,31 x 10 <sup>-3</sup>	4,53 x 10 <sup>-3</sup>	3,92 x 10 <sup>-3</sup>
PM-33	18/05/2016	2,00 x 10 <sup>-4</sup>	1,40 x 10 <sup>-4</sup>	1,70 x 10 <sup>-4</sup>
PM-34	18/05/2016	2,18 x 10 <sup>-2</sup>	2,55 x 10 <sup>-2</sup>	2,37 x 10 <sup>-2</sup>
PM-35	18/05/2016	6,60 x 10 <sup>-4</sup>	6,50 x 10 <sup>-4</sup>	6,55 x 10 <sup>-4</sup>
PM-36	18/05/2016	3,64 x 10 <sup>-3</sup>	1,27 x 10 <sup>-3</sup>	2,46 x 10 <sup>-3</sup>
PM-37	18/05/2016	6,60 x 10 <sup>-4</sup>	6,50 x 10 <sup>-4</sup>	6,55 x 10 <sup>-4</sup>
PM-38	19/05/2016	3,25 x 10 <sup>-5</sup>	1,66 x 10 <sup>-5</sup>	2,46 x 10 <sup>-5</sup>

Fonte: Relatório dos Ensaio de Condutividade Hidráulica (ANEXO 5)

<sup>(1)</sup> Média aritmética.

## 3.5 Monitoramento do Nível D'Água e Eventual Fase Livre

Previamente à coleta de amostras de água subterrânea, foi realizado o monitoramento físico dos poços de monitoramento, por meio de medições do nível d'água e coluna d'água e verificação da eventual presença de fase livre sobrenadante (Tabela 9).

Este monitoramento foi realizado pelo laboratório Analytical, no período de 17 de maio a 02 de junho de 2016, através de 01 medidor elétrico de nível d'água, com trena graduada, da marca Sauber System, e de 01 medidor de interface água-óleo, com trena graduada, da marca Solinst, modelo 122.

Além disso, no dia 02 de junho de 2016 foi realizada uma campanha de medição do nível d'água em todos os 38 poços de monitoramento da área do Porto de Imbituba (Tabela 11), para determinação das cargas hidráulicas e elaboração do mapa de fluxo da água subterrânea.

**Tabela 9: Resultados do monitoramento físico dos poços de monitoramento**

Poço de monitoramento	Nível d'água (m) <sup>(1)</sup>	Profundidade do poço (m) <sup>(1)</sup>	Coluna d'água (m)	Fase livre (m)	Data de monitoramento
PM-01	6,70	10,46	3,76	Ausente	20/05/2016
PM-02	4,15	5,31	1,16	Ausente	24/05/2016
PM-03	6,77	11,34	4,57	Ausente	25/05/2016
PM-04	4,38	4,80	0,42	Ausente	27/05/2016
PM-05	4,89	7,68	2,79	Ausente	23/05/2016
PM-06	3,92	5,55	1,63	Ausente	18/05/2016
PM-07	3,80	6,02	2,22	Ausente	18/05/2016
PM-08	5,32	6,70	1,38	Ausente	27/05/2016
PM-09	-	-	-	Ausente	-
PM-10	5,77	6,91	1,14	Ausente	25/05/2016
PM-11	5,82	7,76	1,94	Ausente	19/05/2016
PM-12	4,53	6,30	1,77	Ausente	18/05/2016
PM-13	2,25	4,40	2,15	Ausente	19/05/2016
PM-14	3,50	7,00	3,50	Ausente	19/05/2016
PM-15	3,86	6,70	2,84	Ausente	25/05/2016
PM-16	3,94	5,96	2,02	Ausente	23/05/2016
PM-17	3,36	5,07	1,71	Ausente	23/05/2016
PM-18	3,86	6,46	2,60	Ausente	24/05/2016
PM-19	3,42	6,42	3,00	Ausente	24/05/2016
PM-20	3,71	4,74	1,03	Ausente	23/05/2016
PM-21	3,97	5,75	1,78	Ausente	19/05/2016
PM-22	3,42	5,03	1,61	Ausente	20/05/2016
PM-23	-	-	-	Ausente	-
PM-24	4,92	6,59	1,67	Ausente	20/05/2016
PM-25	1,46	2,44	0,98	Ausente	24/05/2016
PM-26	3,55	5,01	1,46	Ausente	24/05/2016
PM-27	3,58	5,69	2,11	Ausente	01/06/2016
PM-28	3,58	5,41	1,83	Ausente	01/06/2016
PM-29	3,55	4,98	1,43	Ausente	01/06/2016
PM-30	4,19	4,54	0,35	Ausente	01/06/2016
PM-31	3,52	6,20	2,68	Ausente	31/05/2016
PM-32	4,15	4,48	0,33	Ausente	02/06/2016
PM-33	4,92	6,35	1,43	Ausente	31/05/2016
PM-34	6,17	7,24	1,07	Ausente	30/05/2016
PM-35	5,37	7,33	1,96	Ausente	30/05/2016
PM-36	5,40	7,42	2,02	Ausente	30/05/2016
PM-37	4,08	4,72	0,64	Ausente	30/05/2016
PM-38	2,00	4,16	2,16	Ausente	31/05/2016

Fonte: Planilhas de Campo (ANEXO 6)

<sup>(1)</sup> Valores medidos a partir da boca do poço de monitoramento.

(-) Dado inexistente (poço não amostrado).

---

## 3.6 Levantamento Topográfico Planialtimétrico

O levantamento topográfico planialtimétrico das sondagens e poços de monitoramento da etapa de Investigação Detalhada foi realizado nos dias 23 de junho e 22 de julho de 2016 pela empresa SHT Topografia.

Os serviços foram realizados com par de equipamentos Topcon GR3, devidamente calibrados, utilizando-se do método de levantamento por *RTK – Real Time Kinematic* (posicionamento por tempo real), apoiada horizontalmente a base implantada por posicionamento estático e verticalmente ao ponto “PM-11”.

A Tabela 10 apresenta as coordenadas de localização e cotas topográficas das sondagens e poços de monitoramento instalados na área do Porto de Imbituba na etapa de Investigação Detalhada. No ANEXO 9 encontram-se os resultados completos do levantamento planialtimétrico cadastral realizado.

**Tabela 10: Coordenadas e cotas topográficas das sondagens e dos poços de monitoramento (Datum WGS 1984 – Zona 22S)**

<b>Ponto</b>	<b>UTM E (m)</b>	<b>UTM N (m)</b>	<b>Cota topográfica (m) <sup>(1)</sup></b>	<b>Ponto</b>	<b>UTM E (m)</b>	<b>UTM N (m)</b>	<b>Cota topográfica (m) <sup>(1)</sup></b>
SD-35	729.686,386	6.874.135,381	8,433	SD-51	729.849,593	6.874.808,558	7,280
SD-36	729.760,527	6.874.160,225	8,176	SD-52	729.781,489	6.874.903,658	6,820
SD-37	729.853,031	6.874.131,225	7,754	SD-53 <sup>(2)</sup>	730.166,100	6.874.713,900	-
SD-38	729.918,156	6.874.191,575	8,073	PM-27	729.649,570	6.874.779,826	8,043
SD-39	730.007,061	6.874.199,963	8,062	PM-28	729.876,258	6.874.767,551	7,571
SD-40	729.940,451	6.874.322,560	8,789	PM-29	729.813,414	6.874.863,454	7,458
SD-41 <sup>(2)</sup>	729.751,900	6.874.376,000	-	PM-30	730.153,961	6.874.592,507	8,508
SD-42	730.121,470	6.874.327,443	8,684	PM-31	729.836,290	6.874.440,547	8,895
SD-43	729.993,607	6.874.416,107	8,545	PM-32	729.926,713	6.874.441,160	9,141
SD-44	729.993,100	6.874.413,691	8,565	PM-33	729.993,937	6.874.327,759	9,352
SD-45	730.079,220	6.874.429,131	8,512	PM-34	729.967,059	6.874.163,195	8,276
SD-46	730.138,454	6.874.514,100	8,364	PM-35	730.025,313	6.874.120,536	7,079
SD-47	729.544,461	6.874.740,270	8,929	PM-36	729.910,451	6.874.043,320	7,007
SD-48	729.637,721	6.874.748,617	7,960	PM-37	729.702,315	6.874.114,187	8,376
SD-49	729.609,564	6.874.757,026	8,252	PM-38	729.577,754	6.874.342,943	10,789
SD-50	729.977,168	6.874.063,310	6,256				

Fonte: Relatório do Levantamento Topográfico Planialtimétrico (ANEXO 9)

<sup>(1)</sup> Os valores de cota indicados para os poços de monitoramento correspondem à cota da boca do poço.

<sup>(2)</sup> Os locais de perfuração das sondagens SD-41 e SD-53 foram alterados em decorrência de obras para construção de novo armazém e instalação de nova balança de pesagem de veículos, respectivamente. Desta forma, as coordenadas apresentadas para estes pontos são valores aproximados, estimados a partir dos dados disponíveis.

(-) Dado inexistente.

---

# 4 Caracterização Ambiental da Área de Estudo

## 4.1 Contexto Geológico e Hidrogeológico

A área em estudo encontra-se inserida em uma província geológica constituída de sedimentos marinhos inconsolidados, mineralogicamente formados essencialmente de quartzo, na forma de areia fina, a muito fina, de origem praial.

Esses sedimentos repousam sobre um leito de rochas cristalinas que formam a porção de domínio do Cinturão Don Feliciano (BASEI, 1985), ou o Cráton de Itapema (SILVA & BORTOLUZZI, 1987).

Litologicamente, este domínio é formado de rochas graníticas isótropas, as quais constituem *plutons* de dimensões variáveis em intrusões sucessivamente mais jovens. Também são conhecidas como unidade litológica Proterozóicas/Cambro-ordovicianas.

A gênese destes granitos, que apresentam idades entre 600 e 500 m.a., calculadas por radioisótopos de Rb/Sr, é resultante do evento geotectônico denominado Ciclo Brasileiro.

São granitos leucocráticos, alcalinos a pré-alcalinos, formados principalmente de quartzo, feldspatos, moscovitas, podendo apresentar biotita, piroxênios sódicos e hornblenda. Possuem granulação média a grosseira, sendo isótipos a homogêneos. Localmente, os granitos podem se apresentar cortados por diques de Diabásio de idade mesozoica, associados aos eventos vulcânicos da formação Serra Geral.

Geomorfologicamente, esses granitos afloram na forma de elevações, que se destacam na paisagem como costões ou ilhas. A enseada em que o Porto de Imituba foi construído é resultante de uma destas feições (Figura 8).

De acordo com os perfis das sondagens de reconhecimento realizadas na área de estudo nesta etapa (profundidade mínima de 0,70 m e máxima de 7,40 m), o solo local caracteriza-se como predominantemente arenoso, de granulometria fina e coloração variegada, concordante com os perfis litológicos obtidos na Investigação Confirmatória. Destaca-se também, a ocorrência de rejeitos carbonosos (resíduos de carvão) em diferentes profundidades e com distribuição heterogênea.

**Figura 8: Foto da área do Porto de Imbituba ilustrando, ao fundo, uma elevação constituída de granitos**



Fonte: Foto própria

A hidrogeologia na área de interesse é determinada por sua litologia, formada por sedimentos de praia, geralmente bem selecionados e sem grandes variações na anisotropia. Em função destas características, apresentam condutividade hidráulica ou coeficientes de permeabilidade relativamente constantes, sendo que o fluxo da água subterrânea sofre maior influência dos gradientes hidráulicos que variam em consequência do relevo.

O fluxo regional da água subterrânea ocorre preferencialmente em direção ao Oceano Atlântico.

De acordo com os dados de nível d'água medidos em 02/06/2016 nos poços de monitoramento preexistentes e novos poços instalados na área do Porto de Imbituba (Tabela 11), o nível d'água na área de estudo oscilou entre 1,57 m (PM-25) e 6,85 m (PM-01).

A partir das cotas topográficas levantadas e das medições de nível d'água realizadas nos poços de monitoramento foram calculadas as cargas hidráulicas (Tabela 11). De posse destes valores, foi possível a elaboração do mapa potenciométrico local e a determinação das direções preferenciais de fluxo das águas subterrâneas (Figura 9). O ANEXO 14 apresentada as seções hidrogeológicas elaboradas.

---

Como pode ser observado na Figura 9, na área de estudo há duas direções preferenciais de fluxo das águas subterrâneas, e um divisor de fluxo na sua porção central (região do Armazém N° 1 e da Capela de São Pedro da Praia), concordante com o relevo local:

- Direção sudoeste-nordeste (SW-NE), sentido Praia do Porto; e
- Direção norte-sul (N-S), apresentando inflexão de noroeste para sudeste (NW-SE), sentido Canto da Praia da Vila.

Para auxiliar na caracterização hidrogeológica local, foram realizados 12 ensaios de permeabilidade *in-situ* nos novos poços de monitoramento instalados (item 3.4). Os resultados obtidos apresentaram valores de condutividade hidráulica entre  $2,46 \times 10^{-5}$  cm/s (PM-38) e  $2,37 \times 10^{-2}$  cm/s (PM-34) (Tabela 8), condizentes com os perfis litológicos identificados para o solo local.

A Figura 10 mostra a distribuição da condutividade hidráulica na área de estudo (método de interpolação: vizinho mais próximo; dados considerados: valores de  $K$  dos poços PM-06 a PM-38). Como é possível observar, de forma geral, a porção sul do *site* possui valores de  $K$  na ordem  $10^{-4}$  cm/s, e a região norte, na ordem de  $10^{-3}$  cm/s.

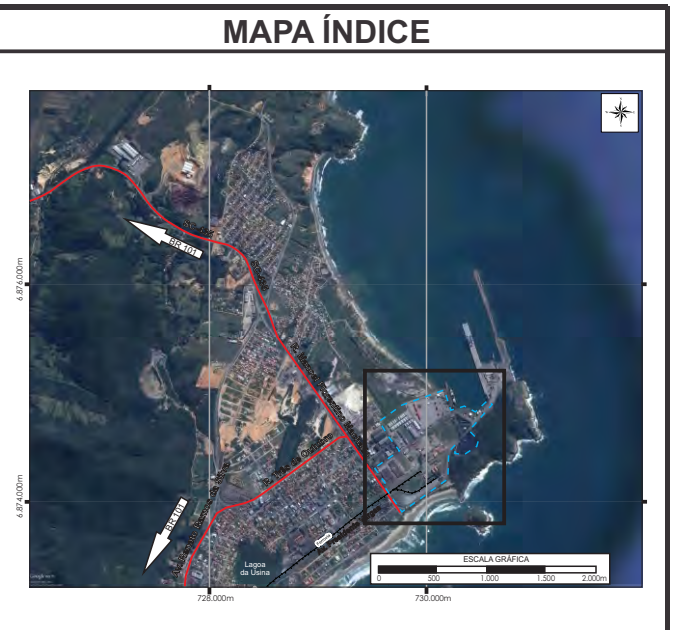
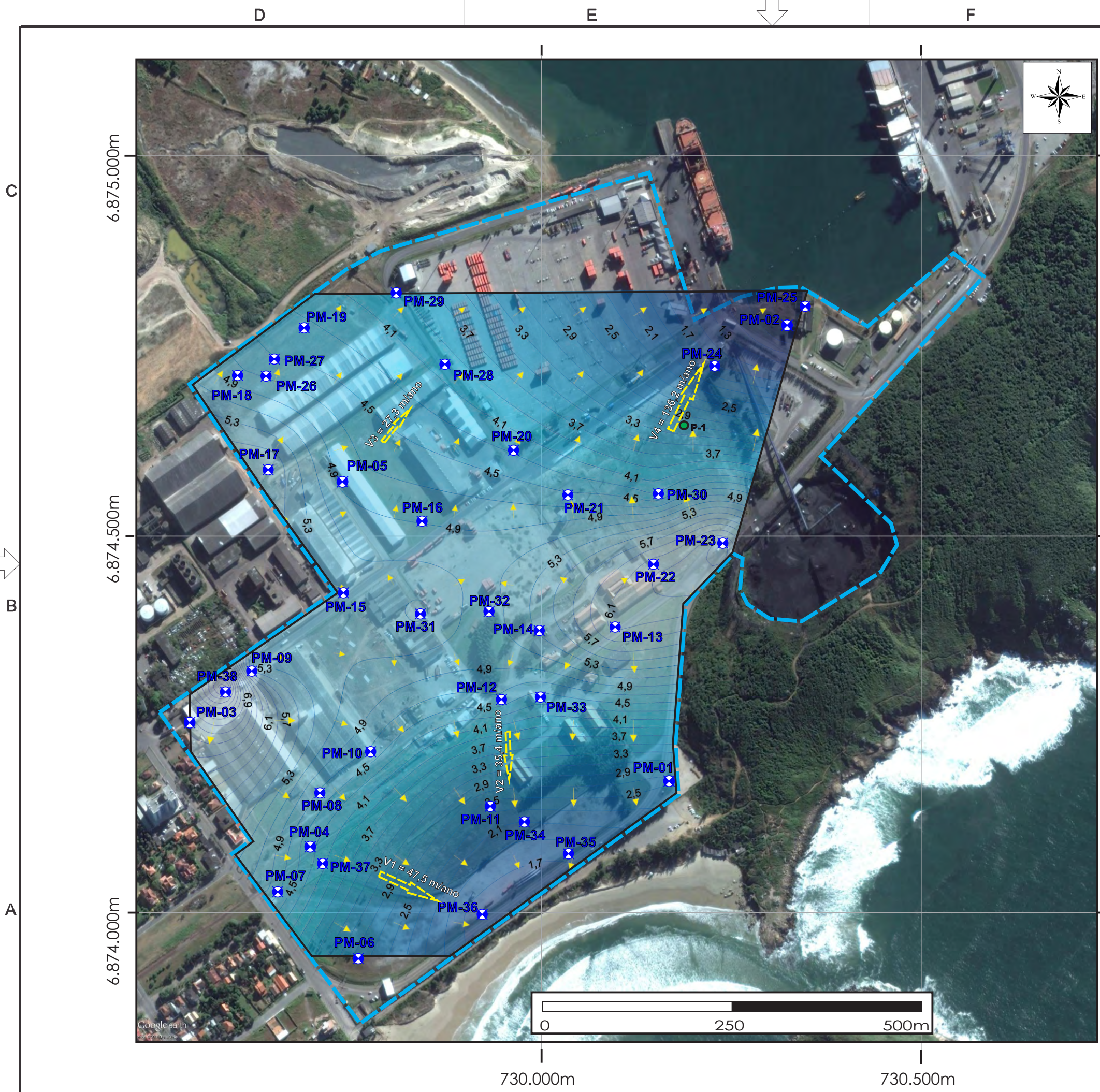
Tabela 11: Dados de nível d'água e carga hidráulica - 02/06/2016

Poço de Monitoramento	Cota da boca do poço (m)	Nível estático (m) <sup>(1)</sup>	Espessura de fase livre (m)	Carga hidráulica (m)
PM-01	9,370	6,85	-	2,52
PM-02	5,058	4,38	-	0,68
PM-03	13,595	6,82	-	6,78
PM-04	8,828	4,42	-	4,41
PM-05	9,690	4,91	-	4,78
PM-06	6,903	3,98	-	2,92
PM-07	8,271	3,36	-	4,91
PM-08	10,068	5,34	-	4,73
PM-09	10,331	5,08	-	5,25
PM-10	10,512	5,78	-	4,73
PM-11	8,370	5,97	-	2,40
PM-12	9,320	4,66	-	4,66
PM-13	8,549	2,40	-	6,15
PM-14	8,926	3,61	-	5,32
PM-15	9,072	3,95	-	5,12
PM-16	8,947	4,07	-	4,88
PM-17	9,143	3,48	-	5,66
PM-18	8,622	3,92	-	4,70
PM-19	7,833	3,52	-	4,31
PM-20	8,149	3,88	-	4,27
PM-21	8,633	4,09	-	4,54
PM-22	9,945	3,69	-	6,26
PM-23	10,248	3,60	-	6,65
PM-24	6,842	5,11	-	1,73
PM-25	2,147	1,57	-	0,58
PM-26	8,264	3,64	-	4,62
PM-27	8,043	3,58	-	4,46
PM-28	7,571	3,59	-	3,98
PM-29	7,458	3,55	-	3,91
PM-30	8,508	4,20	-	4,31
PM-31	8,895	3,53	-	5,37
PM-32	9,141	4,15	-	4,99
PM-33	9,352	4,95	-	4,40
PM-34	8,276	6,18	-	2,10
PM-35	7,079	5,34	-	1,74
PM-36	7,007	5,42	-	1,59
PM-37	8,376	4,12	-	4,26
PM-38	10,789	2,01	-	8,78

Fonte: Elaboração própria com base nos dados medidos em campo

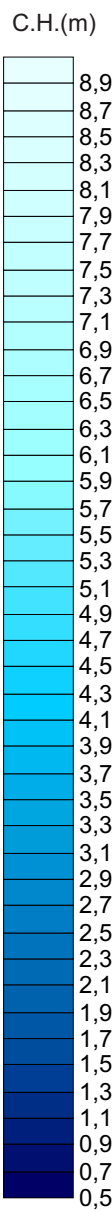
<sup>(1)</sup> Medido a partir da boca do poço de monitoramento.

(-) Ausente.



### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Poço de monitoramento considerado para a elaboração do mapa potenciométrico
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- P-1 Ponto considerado para o cálculo da velocidade



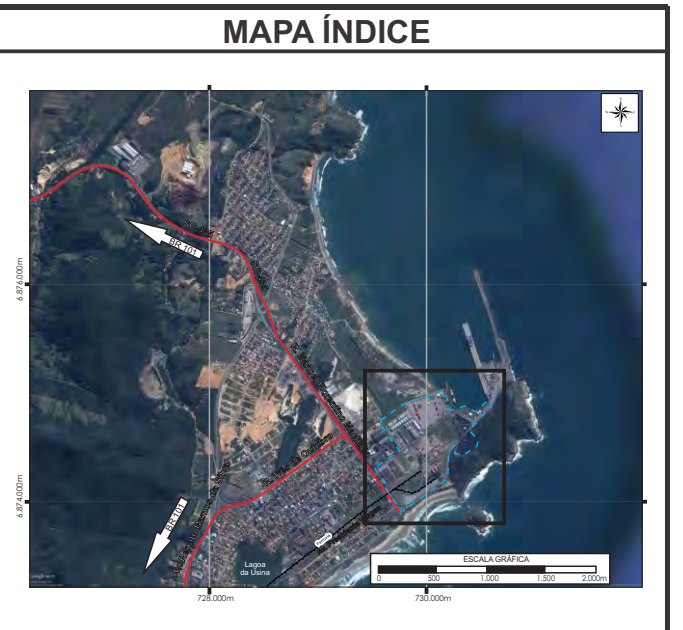
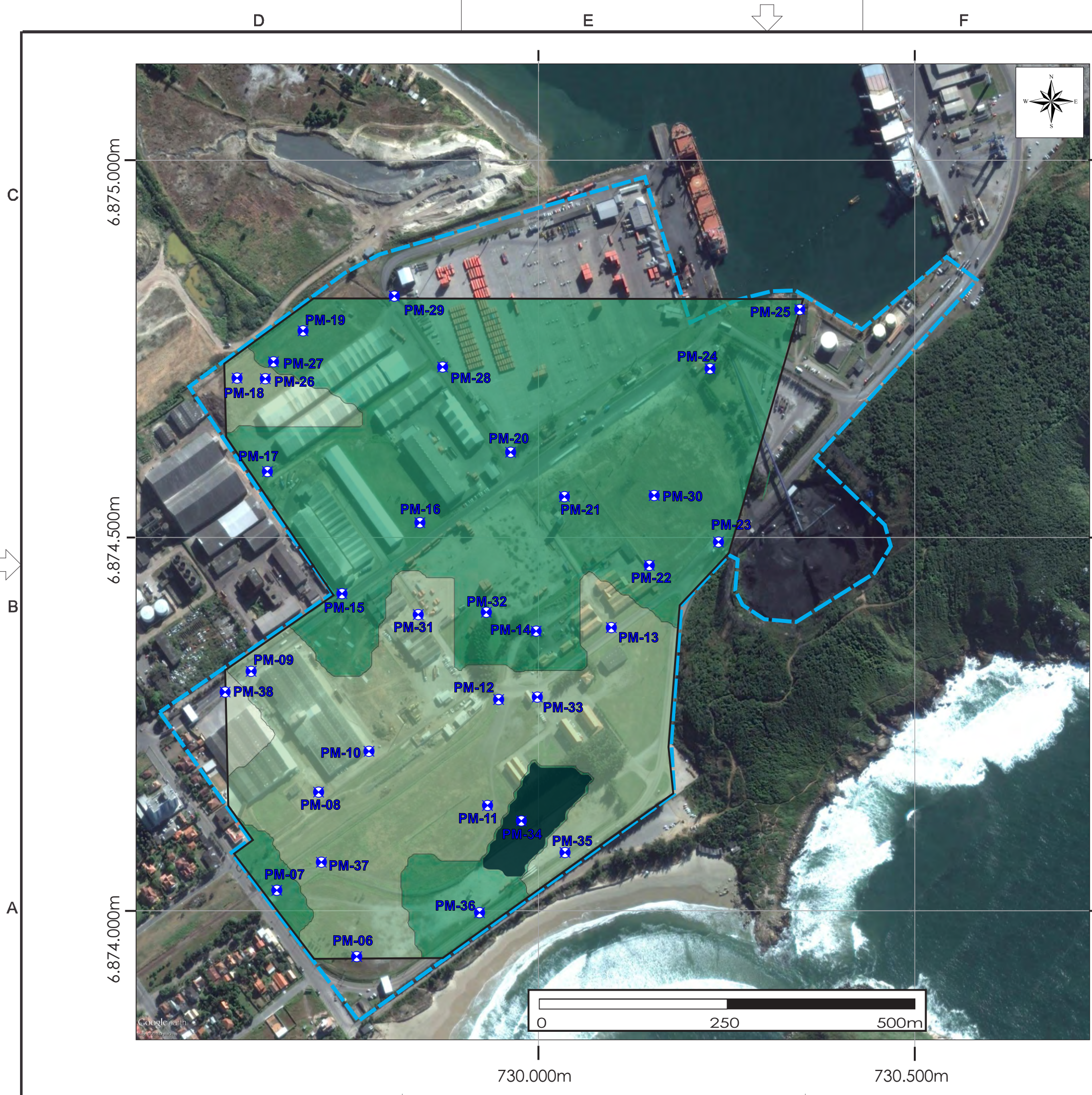
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	MAPA POTENCIOMÉTRICO LOCAL E DIREÇÕES PREFERENCIAIS DO FLUXO SUBTERRÂNEO – 02/06/2016		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	10/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 9**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- Poço de monitoramento considerado para a elaboração do mapa de condutividade hidráulica

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)

CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA	
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO	
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA	
TÍTULO	MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA	
DATUM	WGS 1984	FORMATO A3
DATA	10/08/2016	ESCALA GRÁFICA
NÚMERO	FOLHA 1 de 1	

**FIGURA 10**



---

A velocidade média intersticial da água subterrânea no aquífero freático livre foi determinada nos sentidos preferenciais de fluxo, obtendo-se para a área de estudo um fluxo advectivo entre 27,3 e 136,2 m/ano, aproximadamente (Figura 9).

Estas velocidades intersticiais foram calculadas a partir da Lei de Darcy, dividindo-se pela porosidade efetiva. Foram considerados os seguintes parâmetros:

- $V_1$  (PM-04 ao PM-36) = 47,5 m/ano
  - Gradiente hidráulico = 0,01160 m/m;
  - Condutividade hidráulica média (K) =  $1,03 \times 10^{-3}$  cm/s; e
  - Porosidade efetiva ( $n_e$ ) = 0,0796.
- $V_2$  (PM-12 ao PM-34) = 35,4 m/ano
  - Gradiente hidráulico = 0,01564 m/m;
  - Condutividade hidráulica média (K) =  $5,71 \times 10^{-4}$  cm/s; e
  - Porosidade efetiva ( $n_e$ ) = 0,0796.
- $V_3$  (PM-05 ao PM-28) = 27,3 m/ano
  - Gradiente hidráulico = 0,00390 m/m;
  - Condutividade hidráulica média (K) =  $1,77 \times 10^{-3}$  cm/s; e
  - Porosidade efetiva ( $n_e$ ) = 0,0796.
- $V_4$  (P1 ao PM-24) = 136,2 m/ano
  - Gradiente hidráulico = 0,01495 m/m;
  - Condutividade hidráulica média (K) =  $2,30 \times 10^{-3}$  cm/s; e
  - Porosidade efetiva ( $n_e$ ) = 0,0796.

Ressalta-se que existem diversas incertezas sobre os parâmetros determinados no aquífero freático, os quais podem variar espacialmente, podendo causar erros na definição de campos de velocidade da água subterrânea. Portanto, as velocidades determinadas são estimativas sobre os sentidos principais de fluxo identificados no aquífero freático.

## 4.2 Pluviometria

Dados históricos de precipitação total mensal (período de janeiro de 2010 a março de 2016) para a região de Imbituba são apresentados na Figura 11. As informações foram obtidas no Portal do Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) da Agência Nacional das Águas (ANA) para a Estação Imbituba/ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), localizada em

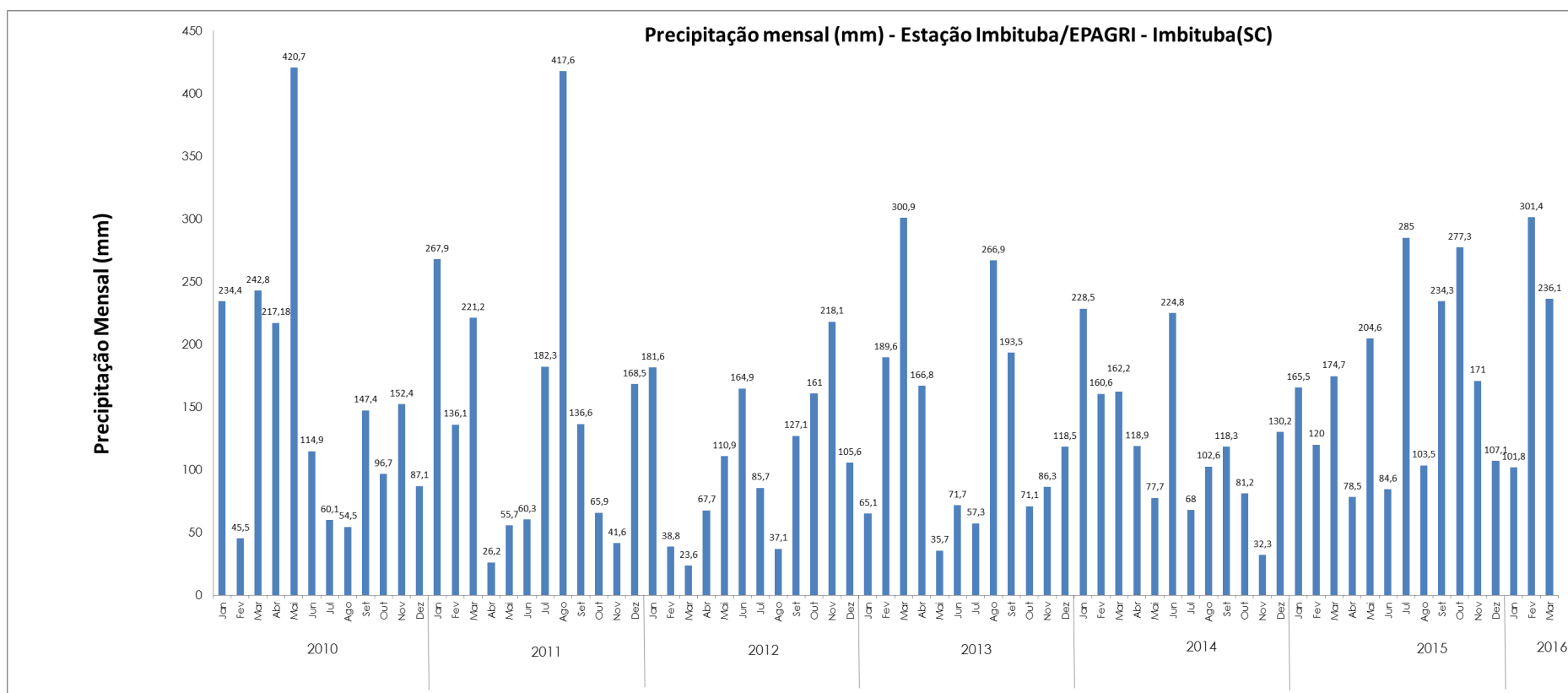
---

Imbituba (SC), Código 02848007, distante cerca de 5,5 km a sudoeste da área de interesse (28° 16' 14"S; 48° 41' 51"O; altitude: 10 m).

A pluviometria média mensal para esta Estação no período considerado é de 150,8 mm, com uma distribuição irregular das maiores ocorrências de precipitação mensal. A média anual para o período é de 1.685 mm.

As variações do nível d'água do aquífero estão diretamente associadas à pluviometria, o que influencia também no comportamento da contaminação em fase livre e dissolvida, podendo alterar as espessuras de produto nos poços de monitoramento e as concentrações dos contaminantes em água subterrânea.

Figura 11: Dados de precipitação mensal da Estação Imbituba/EPAGRI, Imbituba (SC)



Fonte: ANA (2016)

---

## 4.3 Uso e Ocupação

O Porto Organizado de Imbituba está situado em área urbana, no centro do município de Imbituba, conforme destacado no item 1.2.

De acordo com o Mapa 11 do Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Imbituba (PDDSI) (Lei Complementar nº 2.623, de 19 de março de 2005), que estabelece a configuração do Plano Regulador e do Uso do Solo (redação dada pela Lei Complementar nº 4.478, de 13 de novembro de 2014 - Anexo I), a área terrestre do Porto Organizado de Imbituba está inserida, majoritariamente, na Zona de Porto Industrial Comercial (ZP-1), condizente com as atividades portuárias atualmente desenvolvidas. Os limites do Porto Organizado também abrangem parte da Zona de Proteção Ambiental de Morros (ZPA-1) e da Zona de Parque Urbano – Parque Trilha do Farol (ZPU-4), conforme ilustrado na Figura 12.

Segundo a Deliberação Nº 002/2006 de 27 de abril de 2006, que aprova a alteração do PDZ do Porto Organizado de Imbituba, o Porto é dividido em 16 áreas operacionais, visando facilitar e tornar mais eficiente o desenvolvimento das atividades portuárias (Figura 13). Cada uma destas áreas possui um fim específico, sendo utilizadas, principalmente, para armazenagem dos diversos tipos de cargas manipuladas no porto (ACQUAPLAN, 2014).

Os lotes dentro da área do Porto Organizado de Imbituba são arrendados para operadores portuários que desenvolvem as atividades de manipulação de carga e/ou armazenamento nos pátios de estocagem. A Tabela 12 apresenta a divisão dos lotes do porto organizado entre os operadores portuários, de acordo com ACQUAPLAN (2014).

**Tabela 12: Operadores portuários do Porto Organizado de Imbituba e suas áreas de concessão**

Área do PDZ	Operador	Área (m <sup>2</sup> )
A1	SCPar	25.500
A2	AGIL	10.000
A3	SANTOS BRASIL	9.300
A4	SCPar	20.000
A5	CRB	12.700
A6	CRB	32.980
A6-A	SCPar	48.000
A7	SANTOS BRASIL	76.170
A8	SCPar	15.410
A9	SANTOS BRASIL	25.855

<b>Área do PDZ</b>	<b>Operador</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
A10	SANTOS BRASIL	18.747
A10-A	SCPar	14.688
A11	SCPar	32.444
A12	SANTOS BRASIL	44.548
A13	FERTISANTA	61.549
A14	FERTISANTA	12.334
A15	SANTOS BRASIL	32.065
<b>TOTAL</b>		<b>466.790</b>

Fonte: ACQUAPLAN (2014)

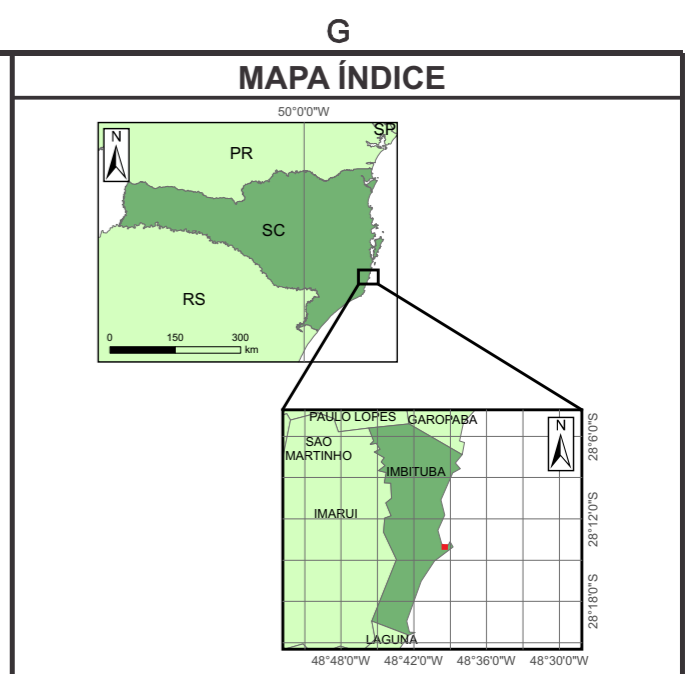
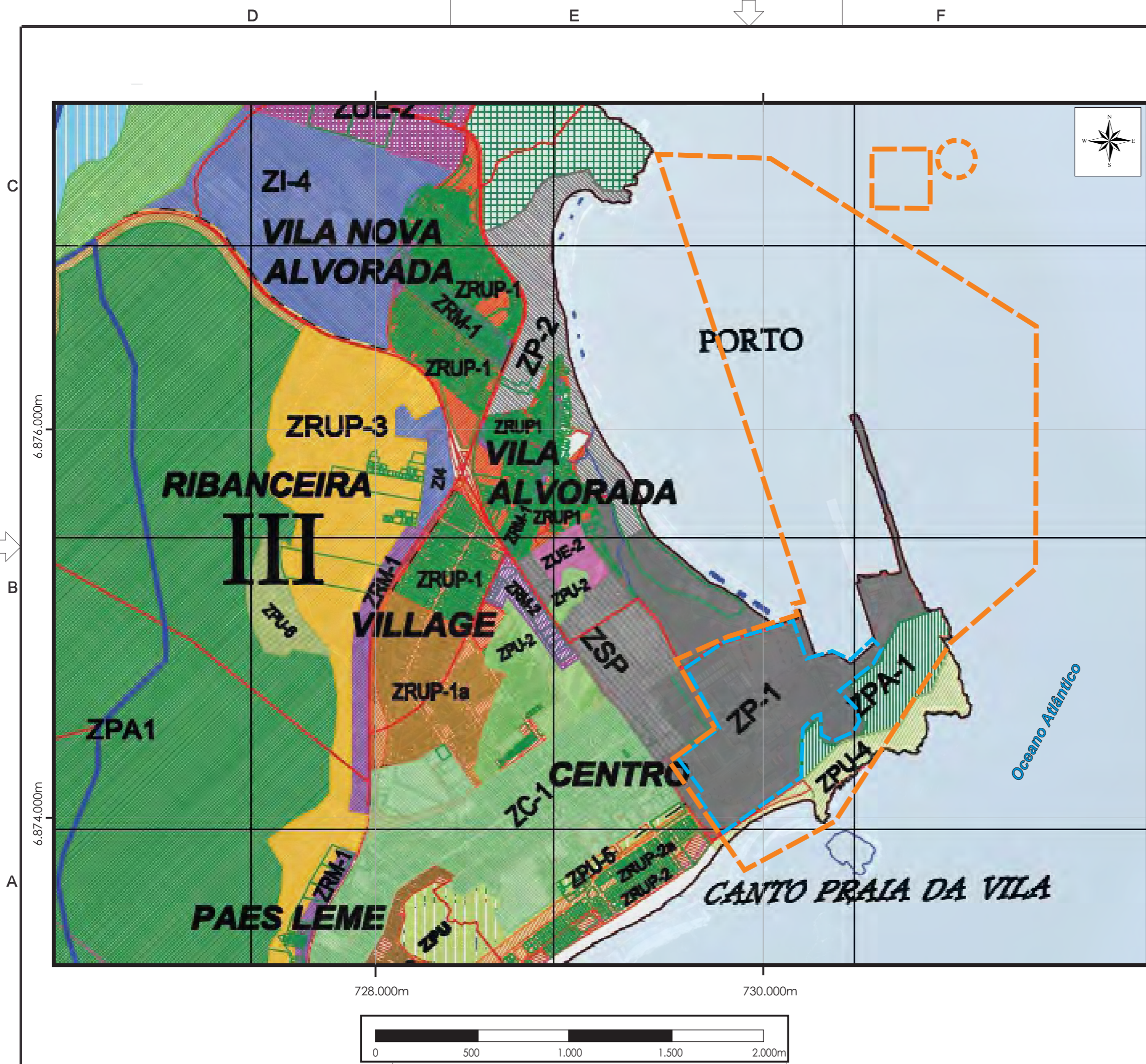
Em relação ao entorno da área terrestre do Porto de Imbituba, destaca-se a presença de (Figuras 12 e 14):

- Áreas residenciais e comerciais (ZC-1: Zona Centro; ZRUP-2/ZRUP-2a: Zona Residencial Uni e Pluri Familiar) e do Parque Urbano Lagoa do Cantagalo (ZPU-5) na porção oeste e sudoeste.
- Planta industrial desativada da antiga ICC (fronteira oeste-noroeste – Zona de Serviços Portuários (ZSP)). Observa-se que parte das suas antigas instalações é atualmente utilizada para estocagem de produtos.
- Antiga área de depósito de matéria-prima e rejeitos do processo industrial da ex-ICC/GASPETRO à noroeste (ZSP). Cabe destacar que esta área, situada à jusante do Porto e à jusante da planta industrial desativada da antiga ICC, encontra-se em processo de recuperação ambiental. Atualmente também são realizadas as atividades de extração/remoção, manuseio e carregamento do fosfogesso estocado.
- Área de bota fora continental do material dragado – bacia de contenção/expansão portuária ao norte (ZP-1).
- Áreas residenciais a norte-noroeste (Praia do Porto). Observa-se que de acordo com o PDDSI estas áreas integram a Zona de Porto Industrial Comercial (ZP-1).
- ZPA-1 a leste, ZPU-4 a sul e sudeste, e Parque Urbano Morro da Camarinha (Zona de Parque Urbano (ZPU-2)) a oeste-noroeste.
- Praia do Porto ao norte, e Canto da Praia da Vila ao sul.
- Rua Manoel Florentino Machado à oeste (via de acesso ao Porto).
- Oceano Atlântico e Unidade de Conservação APA (Área de Proteção Ambiental) da Baleia Franca, criada pelo Decreto Federal não numerado de 14 de setembro de 2000.

---

Conforme supracitado, o Porto faz divisa com áreas residenciais/comerciais. Os moradores não possuem livre acesso ao Porto, mas podem frequentar os seus arredores, como o Parque Trilha do Farol e utilizar as águas da Praia do Porto e Praia da Vila para recreação ou pesca.

Como possível cenário futuro de ocupação da área do Porto Organizado de Imbituba e seu entorno, considerou-se, para este estudo de passivo ambiental, a manutenção dos usos atuais, conforme apresentado acima, à exceção das antigas áreas da ex-ICC/GASPETRO, para as quais foram assumidos novos usos relacionados diretamente com a atividade portuária, de acordo com o zoneamento previsto no Plano Diretor (na ZSP).



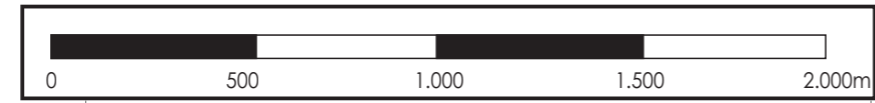
- ### LEGENDA
- Área do Porto Organizado de Imbituba (Decreto Federal de 17 de janeiro de 2007)
  - Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas

- ### ZONAS DO PLANO DIRETOR
- ZP-1 ZONA DE PORTO INDUSTRIAL COMERCIAL
  - ZPA-1 ZONA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
  - ZPU-4 ZONA DE PARQUE URBANO
  - ZI-4 ZONA INDUSTRIAL
  - ZRUP-1 ZONA RESIDENCIAL UNI E PLURI FAMILIAR
  - ZRM-1 ZONA RESIDENCIAL MISTA
  - ZP-2 ZONA DE PORTO RECREATIVO
  - ZRUP-3 ZONA RESIDENCIAL UNI E PLURI FAMILIAR
  - ZPU-6 ZONA DE PARQUE URBANO
  - ZRUP-1a ZONA RESIDENCIAL UNI E PLURI FAMILIAR
  - ZPU-2 ZONA DE PARQUE URBANO
  - ZUE-2 ZONA USOS ESPECIAIS ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS
  - ZSP ZONA DE SERVIÇOS PORTUÁRIOS
  - ZC-1 ZONA CENTRO
  - ZRM-1 ZONA RESIDENCIAL MISTA
  - ZPU-5 ZONA DE PARQUE URBANO
  - ZRUP-2a ZONA RESIDENCIAL UNI E PLURI FAMILIAR
  - ZRUP-2 ZONA RESIDENCIAL UNI E PLURI FAMILIAR

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM SIRGAS 2000 - ZONA 22J

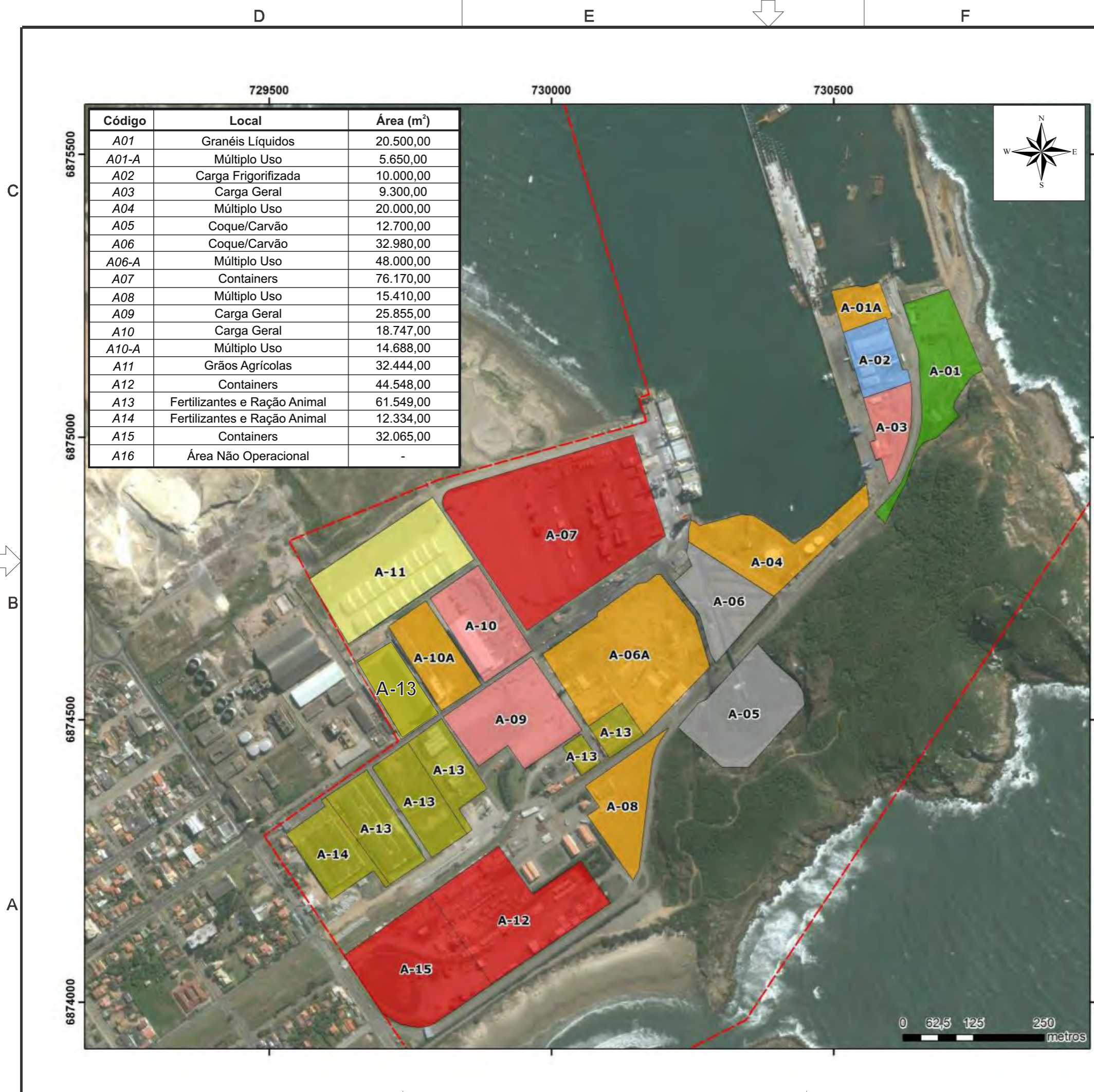


CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	IDENTIFICAÇÃO DO ZONEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO CONFORME MAPA DO PLANO REGULADOR E DE USO DO SOLO DO PDDSI Fonte: Anexo I da Lei Complementar nº 4.478/2014		
DATUM	SIRGAS 2000	FORMATO	A3
DATA	28/08/2015	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1



**FIGURA 12**





Código	Local	Área (m²)
A01	Granéis Líquidos	20.500,00
A01-A	Múltiplo Uso	5.650,00
A02	Carga Frigorificada	10.000,00
A03	Carga Geral	9.300,00
A04	Múltiplo Uso	20.000,00
A05	Coque/Carvão	12.700,00
A06	Coque/Carvão	32.980,00
A06-A	Múltiplo Uso	48.000,00
A07	Containers	76.170,00
A08	Múltiplo Uso	15.410,00
A09	Carga Geral	25.855,00
A10	Carga Geral	18.747,00
A10-A	Múltiplo Uso	14.688,00
A11	Grãos Agrícolas	32.444,00
A12	Containers	44.548,00
A13	Fertilizantes e Ração Animal	61.549,00
A14	Fertilizantes e Ração Animal	12.334,00
A15	Containers	32.065,00
A16	Área Não Operacional	-

**MAPA ÍNDICE**



**LEGENDA**

- Área do Porto Organizado de Imbituba
- Áreas operacionais do Porto de Imbituba (Plano de Desenvolvimento e Zoneamento, 2006)**
- Carga Frigorificada
- Carga Geral
- Containers
- Coque/Carvão
- Fertilizantes e Ração Animal
- Granéis Líquidos
- Grãos Agrícolas
- Múltiplo Uso



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	ÁREA DAS INSTALAÇÕES DO PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA CONFORME MAPA DO PDZ (DELIBERAÇÃO Nº 002/2006) <i>Fonte: Modificada de ACQUAPLAN (2014)</i>		
DATUM	WGS-84	FORMATO	A3
DATA	28/08/2015	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 13**



---

### 4.3.1 Poços profundos e Abastecimento de água

De acordo com informações fornecidas pela SCPAr Porto de Imbituba, não há poços de captação de água subterrânea instalados no interior da área portuária.

O abastecimento de água na área do Porto é realizado pela empresa Serrana Engenharia Ltda. e para consumo humano nos prédios administrativos faz-se uso de água mineral envasada.

Segundo levantamento realizado junto ao Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (consulta realizada em 28/08/2015), existem 05 poços tubulares de captação de água subterrânea cadastrados dentro do perímetro de influência definido para a área de estudo (500 m a partir dos limites da área de interesse), de propriedade da antiga ICC: JP617, JP618, JP619, JP706 e JP707 (Figura 14). Conforme informações do CPRM, nenhum poço está em operação atualmente (situação indicada em 30/09/2009: poço JP619 parado; JP617 e JP618 abandonados; situação indicada em 30/10/2009: JP706 e JP707 não instalados).

O abastecimento de água nas áreas do entorno do Porto também é realizado pela Serrana Engenharia, e de acordo com informações levantadas junto a alguns moradores, não se tem conhecimento sobre a existência de poços de captação de água subterrânea para consumo no entorno imediato da área portuária.

### 4.3.2 Tratamento de efluentes

Para tratamento dos efluentes líquidos sanitários dos banheiros situados nas diversas instalações da área portuária, existem sistemas de fossas sépticas e sumidouros (tratamento físico-biológico). Salienta-se que o município não possui rede de tratamento de esgoto na região do site.

Os efluentes líquidos provenientes da lavagem de veículos e drenagens da área de armazenagem de coque verde de petróleo (área A-5 do PDZ, sob a gestão da CRB), são encaminhados para tratamento físico-químico em Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) instalada na área A-6 do PDZ, que também está sob a gestão da CRB.

A ETE é composta de tanque de recepção e acúmulo, tanque de coagulação e floculação, tanque de sedimentação e leitos de secagem, com recirculação da água tratada ao sistema de aspersão sobre as pilhas de coque de petróleo. O lodo residual

---

(finos de coque) também é recolhido dos leitos de secagem e retornado à área de armazenamento de coque de petróleo.

Em relação às águas pluviais e demais águas drenadas na área portuária, elas são coletadas pelas canaletas da rede de drenagem pluvial e conduzidas a dois tanques de decantação (sistema de sedimentação/clarificação), antes do seu lançamento no mar.

Um dos tanques de decantação está localizado entre a Portaria 1 e a Rua Manoel Florentino Machado; o outro está instalado na área A-4 do PDZ, entre o Terminal de Soda Cáustica e o Cais nº 3.

A localização dos sistemas de tratamento de efluentes supracitados é apresentada na Figura 2.

### 4.3.3 Sistema elétrico

Para fornecimento de energia elétrica, o Porto conta atualmente com 08 subestações, todas em operação (SE-1, SE-4, SE-5, SE-6, SE-7 e SE-11 sob a gestão da SCPar Porto de Imbituba; SE-1-SBPAR e SE-3-SBPAR sob a gestão da Santos Brasil).

Conforme destacado no Relatório de Avaliação Preliminar (FEESC, 2015), ainda há 05 transformadores contendo ascarel em uso nas subestações do Porto:

- Subestação N° 01 (SE-1): possui 01 transformador antigo de 75 kVA, contendo 190 L de ascarel;
- Subestação N° 06 (SE-6): possui 02 transformadores antigos (01 de 75 kVA e 01 de 500 kVA) operando com ascarel (volume total de ascarel nos transformadores da SE-6 = 855 L); e
- Subestação N° 07 (SE-7): possui 03 transformadores (01 de 150 kVA, 01 de 500 kVA, e 01 de 1000 kVA), sendo que 02 estão operando com ascarel (volume total de ascarel nos transformadores da SE-7 = 1.415 L).

### 4.3.4 Gerenciamento de resíduos

As atividades portuárias acabam gerando diversos tipos de resíduos, que se não forem tratados de forma adequada, podem constituir fontes potenciais de contaminação ambiental e contribuir para a proliferação de vetores e doenças. Visando minimizar estes riscos, são adotadas diversas ações de gerenciamento dos resíduos gerados no

---

Porto de Imbituba, dentro do Programa de gerenciamento de resíduos sólidos, integrante do PCA (MPB, 2014b).

Algumas das principais ações de gerenciamento de resíduos adotadas no Porto de Imbituba são apresentadas a seguir (MPB, 2014b):

- a. O gerenciamento compreende as fontes (empresas) geradoras dos resíduos até a destinação final dos mesmos (princípio da corresponsabilidade).
- b. Dentre os aspectos monitorados, estão: empresas geradoras de resíduos na área portuária, tipologia dos resíduos, quantitativo e destinação final.
- c. Os resíduos são classificados de acordo com o Anexo I da Resolução CONAMA N° 5/1993, que dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. A Tabela 13 apresenta a quantidade mensal de resíduos gerada no Porto de Imbituba de janeiro a novembro de 2013, destacando-se a geração de resíduos Classe D – não recicláveis e resíduos sanitários.
- d. O Departamento de Saúde, Segurança e Meio Ambiente do Porto de Imbituba elaborou a Norma Técnica 001 estabelecendo os procedimentos administrativos e operacionais para a realização de abastecimentos de combustíveis e retiradas de resíduos sólidos de embarcações pelo cais público do Porto de Imbituba, de forma que os mesmos sejam executados de forma segura e que permitam o melhor controle e fiscalização por parte da Autoridade Portuária.
- e. O gerenciamento de resíduos sólidos conta com sistema de coletores recomendados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e adequados ao ambiente da área portuária.
- f. A coleta, transporte e destinação final dos resíduos são realizados por empresas prestadoras de serviços ao Porto, ambientalmente licenciadas, as quais emitem mensalmente relatórios quantitativos de geração de resíduo.
- g. Os resíduos coletados a bordo das embarcações são de responsabilidade do navio, representado pela Agência Marítima, que responde perante a ANVISA. Este tipo de resíduo é transportado diretamente até o destino final, sem qualquer etapa intermediária nas áreas e instalações portuárias, exceto as varreduras do cais que são reaproveitadas.

Tabela 13: Quantidade mensal de resíduos gerada no Porto de Imbituba em 2013

Mês	Quantidade de Resíduos Gerada (kg)							Total Coletado
	Infecante	Classe B - Sólidos	Comuns Não Recicláveis	Comuns Recicláveis	Classe B - Líquidos	Orgânico	Resíduos Sanitários	
	Classe A	Classe B	Classe D	Classe D	Classe B	Classe D	-	
Janeiro	0	2.127	12.261	0	0	0	0	14.388
Fevereiro	130	210	14.722	0	0	60	26.000	41.122
Março	130	230	13.613	0	0	67	7.211	21.251
Abril	40	365	11.304	0	0	67	7.140	18.916
Maiο	20	60	8.191	0	0	62	0	8.333
Junho	45	220	8.297	0	0	0	8.610	17.172
Julho	10	341	12.328	0	40	0	4.640	17.359
Agosto	5	340	8.028	0	40	0	5.450	13.863
Setembro	10	760	10.204	1.410	50	0	7.240	19.674
Outubro	10	180	7.590	2.310	50	0	0	10.140
Novembro	5	315	8.667	3.335	50	0	2.240	14.612
<b>Total</b>	<b>405</b>	<b>5.148</b>	<b>115.205</b>	<b>7.055</b>	<b>230</b>	<b>256</b>	<b>68.531</b>	<b>196.830</b>

Fonte: MPB (2014)

---

### 4.3.5 Áreas do entorno com potencial de contaminação

Conforme destacado anteriormente, o limite oeste-noroeste do Porto Organizado de Imituba faz fronteira com a planta industrial desativada da antiga ICC.

Na ICC, eram produzidos os ácidos sulfúrico e fosfórico. Ela entrou em operação em 1979 e encerrou suas atividades em 1994.

Em virtude do seu histórico operacional, a área da antiga planta industrial da ICC possui potencial de aporte de água subterrânea e drenagem superficial com contaminação em direção à área do Porto.

Cabe destacar que, atualmente, parte das antigas instalações da ICC é utilizada para estocagem de produtos. Além disso, observa-se a presença de um pátio de veículos batidos.

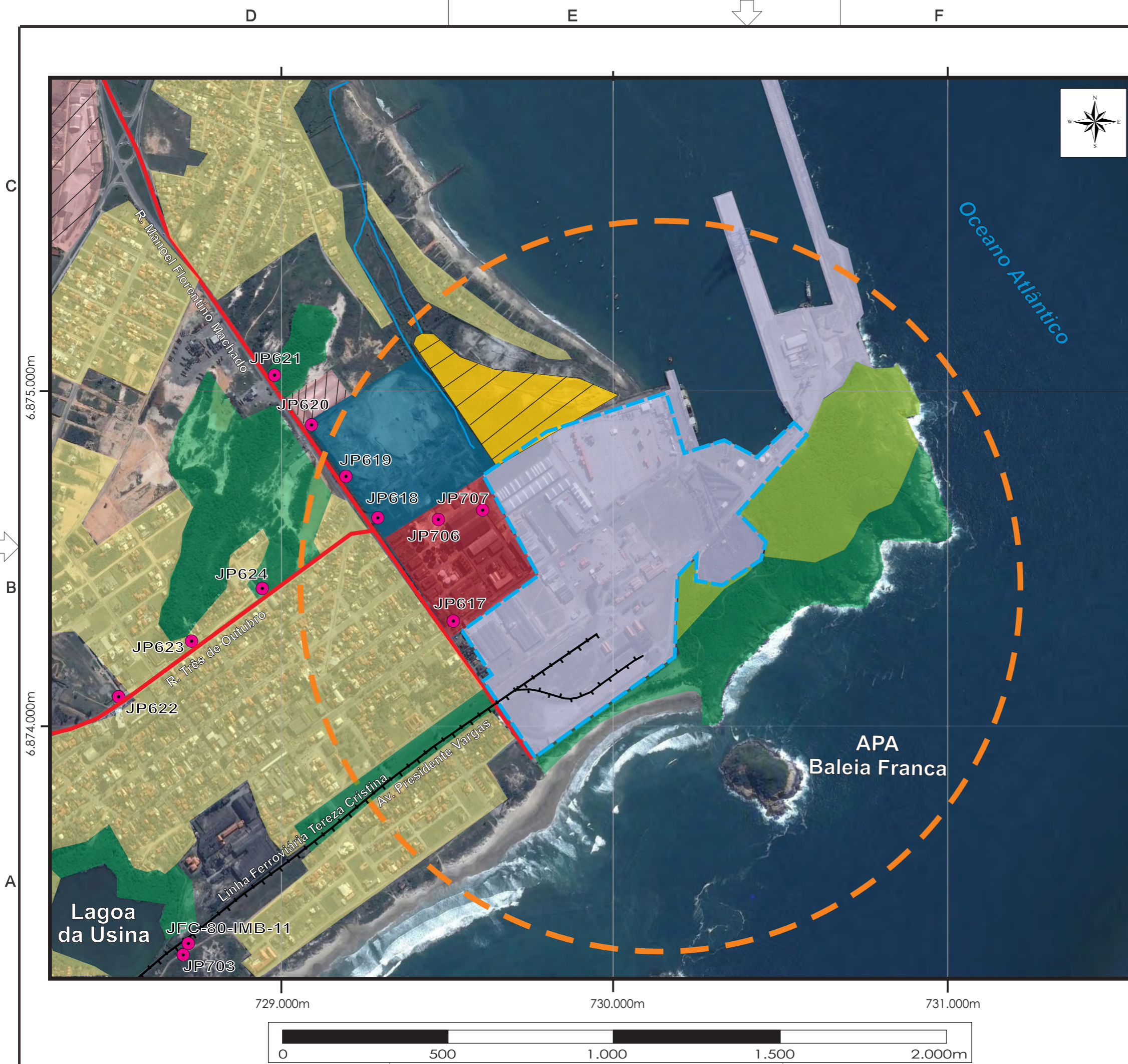
Deve-se ressaltar a possibilidade de existência de outras áreas à montante do Porto com potencial de aporte de contaminação para a área portuária, que no momento deste estudo são desconhecidas.

### 4.3.6 Bens a proteger

Com base nas informações acima de uso e ocupação e inspeções de campo, são considerados como principais Bens a Proteger neste estudo de passivo ambiental (dentro do perímetro de influência de 500 m) (Figura 14):

- Trabalhadores da área portuária (funcionários das empresas e instituições instaladas no Porto de Imituba e terceirizados).
- Trabalhadores que executam ou venham a executar serviços de escavação, obras civis, monitoramentos, manutenções ou atividades de investigação/remediação futuras na área do Porto e seu entorno.
- Residentes (urbanos) e trabalhadores comerciais/industriais das áreas do entorno do Porto.
- Os solos e águas subterrâneas locais.
- Rede de drenagem e poços tubulares de captação de água subterrânea (JP617, JP618, JP619, JP706 e JP707).
- Cursos d'água do entorno (porção norte-noroeste).
- Praia do Porto e Praia da Vila, bem como seus usuários.
- Oceano Atlântico.

- 
- Zona de Proteção Ambiental de Morros.
  - Parques Urbanos (Trilha do Farol, Lagoa do Cantagalo e Morro da Camarinha) e seus visitantes.
  - Unidade de Conservação APA da Baleia Franca.



### MAPA ÍNDICE

**LEGENDA**

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- Área Portuária
- Perímetro de influência (500m)

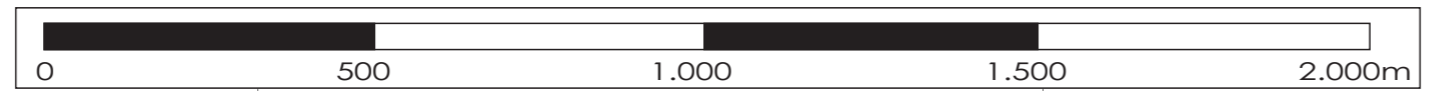
**Áreas do entorno**

- Área industrial desativada (ex-ICC/GASPETRO)
- Antiga área de depósito da ex-ICC/GASPETRO (em processo de recuperação ambiental)
- Área Industrial
- Área Residencial/Comercial
- Zona de Parque Urbano
- Zona de Proteção Ambiental de Morros
- Área de bota fora continental do material dragado
- Poço cadastrado no SIAGAS
- Curso d'água
- Vias de Acesso
- Ferrovia

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM SIRGAS 2000 - ZONA 22J  
Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 05/06/2013)

CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E LOCALIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS BENS A PROTEGER		
DATUM	SIRGAS 2000	FORMATO	A3
DATA	28/08/2015	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO	FOLHA 1 de 1		

**FIGURA 14**





---

### 4.3.7 Evolução do uso e ocupação

Para avaliação da evolução do uso e ocupação da área do Porto de Imbituba foram analisadas imagens aéreas disponíveis no programa *Google Earth* para os anos 2003, 2006, 2009, 2012, 2013 e 2016, além de uma fotografia aérea com data provável da década de 50 ou 60, compartilhada publicamente no site do Facebook (2015), Comunidade Memórias de Imbituba<sup>2</sup>.

Na foto da década de 50 ou 60 (Figura 15) é possível visualizar o único cais existente na época ao fundo, a Praia do Porto à esquerda, o Canto da Praia da Vila à direita, e o Escritório Central da Administração do Porto ao centro. Observa-se que as atuais áreas A-12 e A-15 do PDZ, localizadas próximas ao Canto da Praia da Vila, eram na época destinadas à estocagem de carvão.

As imagens obtidas no *Google Earth* indicam uma expansão da infraestrutura portuária no período de 2003 a 2016, com novas instalações, novos equipamentos portuários e novas áreas de estocagem (Figuras 16 a 21).

Entre as alterações observadas para o período de 2003 a 2016, destaca-se a construção dos Armazéns 11, 12, Lona 1, Lona 2, a ampliação do cais 1 e 2 e a instalação dos pátios de contêineres.

---

<sup>2</sup> Ver Referências.

Figura 15: Foto aérea do Porto de Imbituba (Data provável: década de 50 ou 60)



Fonte: Facebook (2015)



**Figura 16: Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 16/09/2003).**  
Fonte: Google Earth (2003)



**Figura 17: Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 13/05/2006)**  
Fonte: Google Earth (2006)



**Figura 18: Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 13/08/2009)**  
Fonte: Google Earth (2009)



**Figura 19: Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 19/01/2012).**  
Fonte: Google Earth (2012)



Figura 20. Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 28/07/2013).  
Fonte: Google Earth (2013)



**Figura 21. Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 09/06/2016).**  
Fonte: Google Earth (2016)

---

## 5 Resultados Analíticos

Para caracterização do cenário de contaminação, os resultados analíticos obtidos foram comparados com valores de referência de qualidade estabelecidos pelas legislações nacionais e internacionais vigentes.

Os valores de referência adotados para os compartimentos ambientais avaliados, em ordem de prioridade, foram:

- **Solo:**
  - Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA N° 420/2009;
  - Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014/E/C/I; e
  - *Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E- 6, HQ=1”)* da USEPA (2016).
- **Água subterrânea:**
  - Valor de Investigação da Resolução CONAMA N° 420/2009. Salienta-se que os valores estabelecidos com base nos padrões de potabilidade da Portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde foram atualizados pelos Valores Máximos Permitidos da Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde;
  - Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA N° 396/2008 (adotou-se de forma conservadora o valor mais restritivo dentre os usos preponderantes da água subterrânea contemplados no Anexo I desta Resolução);
  - Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014/E/C/I;
  - Valor de Intervenção para TPH Total da Decisão de Diretoria CETESB N°010/2006/C;
  - *Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E- 6, HQ=1”)* da USEPA (2016); e
  - Valor de Intervenção da “Lista Holandesa” - *Soil Remediation Circular (VROM, 2009)*.

Obs.: Em virtude da Resolução CONAMA N° 420/2009 não apresentar valores orientadores para a fração dissolvida das substâncias inorgânicas listadas em seu Anexo II, foram considerados para as substâncias

---

inorgânicas dissolvidas analisadas neste estudo, os mesmos valores de investigação estabelecidos para a fração total, de forma a auxiliar na avaliação das concentrações obtidas.

- **Resíduos:**
  - Massa bruta: valores estabelecidos pela norma ABNT NBR 10004:2004.
  - Limite Máximo no Lixiviado estabelecido pela norma ABNT NBR 10004:2004 – Anexo F: Concentração – Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação; e
  - Limite Máximo no Extrato estabelecido pela norma ABNT NBR 10004:2004 – Anexo G: Padrões para o ensaio de solubilização.

Cabe destacar, conforme a Resolução CONAMA N° 420/2009, que o Valor de Investigação (VI) representa 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 padronizado.

## 5.1 Solo

Nenhuma das 50 amostras de solo coletadas para análises químicas dos parâmetros contidos no Anexo II da Resolução CONAMA N° 420/2009 apresentou concentrações de contaminantes acima dos valores de referência considerados.

O resumo dos resultados analíticos obtidos para as amostras de solo é apresentado na Tabela 14. Os resultados completos das análises químicas são apresentados nos laudos analíticos emitidos pelo laboratório Analytical Technology: Relatórios de Ensaio N° 9332/2016, 9354/2016, 9357/2016, 10088/2016 e 10647/2016 (ANEXO 8).

A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros físicos do solo. Os resultados completos dos ensaios realizados são apresentados nos laudos analíticos emitidos pelo laboratório Analytical Technology: Relatórios de Ensaio N° 10088/2016 e 10647/2016 (ANEXO 8).

Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo

Sondagem	PM-27	PM-28	PM-29	PM-30	PM-31	PM-32	PM-33	PM-34	PM-35	PM-36	PM-37	PM-38	SD-35	SD-35	SD-36	Valores de Referência	
Profundidade de Coleta (m)	3,0	3,1	3,1	3,7	3,7	3,8	4,1	5,7	5,1	4,7	3,0	2,3	0,5	4,1	0,5		
ID Laboratório	68134	68143	68141	68145	64723	64721	64720	64719	64717	64716	64715	68147	60330	60331	60104		
Nº do Relatório de Ensaio	10647/2016	10647/2016	10647/2016	10647/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10647/2016	9354/2016	9354/2016	9332/2016		
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos															
Alumínio	mg/kg	951,10	1.104,10	341,00	3.654,70	190,70	2.652,30	2.750,30	1.270,20	118,20	810,90	1.744,60	3.269,20	356,40	5.577,80	1.886,80	1.100.000 <sup>(3)</sup>
Antimônio Total	mg/kg	< 1,25	< 1,28	< 1,23	< 1,24	< 1,22	< 1,16	< 1,19	< 1,15	< 1,25	< 1,10	< 1,21	< 1,22	< 1,09	< 1,23	< 1,10	25 <sup>(1)</sup>
Arsênio	mg/kg	< 1,87	< 1,93	< 1,84	< 1,86	< 1,83	< 1,74	< 1,79	< 1,73	< 1,88	< 1,66	< 1,82	< 1,83	< 1,64	< 1,85	< 1,65	150 <sup>(1)</sup>
Bário	mg/kg	< 2,50	2,70	4,79	< 2,48	2,97	3,29	5,59	2,94	3,91	6,66	3,57	< 2,44	4,09	5,41	139,10	750 <sup>(1)</sup>
Boro Total	mg/kg	< 4,99	< 5,13	< 4,91	< 4,97	< 4,89	< 4,65	< 4,78	< 4,62	< 5,01	< 4,42	< 4,84	< 4,87	< 4,37	< 4,94	< 4,40	230.000 <sup>(3)</sup>
Cádmio	mg/kg	< 1,25	< 1,28	< 1,23	< 1,24	< 1,22	< 1,16	< 1,19	< 1,15	< 1,25	< 1,10	< 1,21	< 1,22	< 1,09	< 1,23	< 1,10	20 <sup>(1)</sup>
Chumbo	mg/kg	< 2,50	< 2,57	< 2,46	< 2,48	< 2,44	< 2,33	2,95	< 2,31	< 2,51	8,88	< 2,42	< 2,44	3,35	< 2,47	164,00	900 <sup>(1)</sup>
Cobalto	mg/kg	< 1,87	< 1,93	< 1,84	4,04	< 1,83	< 1,74	< 1,79	< 1,73	< 1,88	< 1,66	< 1,82	< 1,83	< 1,64	< 1,85	7,03	90 <sup>(1)</sup>
Cobre	mg/kg	< 2,50	< 2,57	< 2,46	< 2,48	< 2,44	< 2,33	7,17	< 2,31	15,90	< 2,21	2,93	9,12	< 2,19	< 2,47	34,60	600 <sup>(1)</sup>
Cromo	mg/kg	< 5,62	< 5,78	< 5,53	< 5,59	< 5,50	< 5,23	< 5,38	< 5,20	< 5,64	< 4,97	< 5,45	< 5,48	< 4,92	< 5,56	< 4,95	400 <sup>(1)</sup>
Ferro	mg/kg	2.662,90	2.874,20	622,00	2.496,90	635,00	1.168,60	4.307,00	770,70	194,70	3.189,00	2.987,90	198,40	3.242,80	1.992,10	18.285,70	820.000 <sup>(3)</sup>
Manganês	mg/kg	96,80	84,60	10,20	28,20	< 3,67	13,00	7,99	< 3,46	< 3,76	66,70	< 3,63	< 3,65	16,60	< 3,70	82,50	26.000 <sup>(3)</sup>
Mercúrio	mg/kg	< 0,125	< 0,128	< 0,123	< 0,124	< 0,122	< 0,116	< 0,119	< 0,115	< 0,125	< 0,110	< 0,121	< 0,122	< 0,109	< 0,123	< 0,110	70 <sup>(1)</sup>
Molibdênio	mg/kg	< 2,50	< 2,57	< 2,46	< 2,48	< 2,44	< 2,33	< 2,39	< 2,31	< 2,51	< 2,21	< 2,42	< 2,44	< 2,19	< 2,47	< 2,20	120 <sup>(1)</sup>
Níquel	mg/kg	< 2,50	< 2,57	< 2,46	< 2,48	< 2,44	< 2,33	< 2,39	< 2,31	< 2,51	< 2,21	< 2,42	< 2,44	< 2,19	< 2,47	5,70	130 <sup>(1)</sup>
Prata	mg/kg	< 1,87	< 1,93	< 1,84	< 1,86	< 1,83	< 1,74	< 1,79	< 1,73	< 1,88	< 1,66	< 1,82	< 1,83	< 1,64	< 1,85	< 1,65	100 <sup>(1)</sup>
Selênio	mg/kg	< 1,87	< 1,93	< 1,84	< 1,86	< 1,83	< 1,74	< 1,79	< 1,73	< 1,88	< 1,66	< 1,82	< 1,83	< 1,64	< 1,85	< 1,65	640 <sup>(2)</sup>
Vanádio	mg/kg	< 4,99	< 5,13	< 4,91	< 4,97	< 4,89	4,94	14,30	7,04	< 5,01	< 4,42	9,88	< 4,87	< 4,37	< 4,94	9,99	1.000 <sup>(1)</sup>
Zinco	mg/kg	< 6,24	< 6,42	< 6,14	86,30	< 6,11	< 5,81	9,31	< 5,77	7,26	11,90	6,79	< 6,09	< 5,46	23,70	99,00	2.000 <sup>(1)</sup>
PCB Total	mg/kg	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,12 <sup>(1)</sup>
Aldrin	mg/kg	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,03 <sup>(1)</sup>
Dieldrin	mg/kg	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	1,30 <sup>(1)</sup>
Endrin	mg/kg	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	2,50 <sup>(1)</sup>
DDT	mg/kg	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	5 <sup>(1)</sup>
DDD	mg/kg	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	7 <sup>(1)</sup>
DDE	mg/kg	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	3 <sup>(1)</sup>
HCH Beta	mg/kg	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	5 <sup>(1)</sup>
HCH Gama (Lindano)	mg/kg	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	1,50 <sup>(1)</sup>
Antraceno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	10.000 <sup>(2)</sup>
Benzo(a)antraceno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	0,081	65 <sup>(1)</sup>
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	0,032	240 <sup>(2)</sup>
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	0,086	0,57 <sup>(4)</sup>
Benzo(a)pireno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	0,117	3,50 <sup>(1)</sup>

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

<sup>(1)</sup> Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA Nº 420/2009.<sup>(2)</sup> Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB Nº 045/2014/E/C/I.<sup>(3)</sup> Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).<sup>(4)</sup> Valor de Prevenção da Resolução CONAMA Nº 420/2009.



Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo (continuação)

Sondagem	PM-27	PM-28	PM-29	PM-30	PM-31	PM-32	PM-33	PM-34	PM-35	PM-36	PM-37	PM-38	SD-35	SD-35	SD-36	Valores de Referência	
Profundidade de Coleta (m)	3,0	3,1	3,1	3,7	3,7	3,8	4,1	5,7	5,1	4,7	3,0	2,3	0,5	4,1	0,5		
ID Laboratório	68134	68143	68141	68145	64723	64721	64720	64719	64717	64716	64715	68147	60330	60331	60104		
Nº do Relatório de Ensaio	10647/2016	10647/2016	10647/2016	10647/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10647/2016	9354/2016	9354/2016	9332/2016		
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos															
Criseno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	0,121	1.600 (2)
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	1,30 (1)
Fenantreno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	0,036	95 (1)
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	0,089	130 (1)
Naftaleno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	90 (1)
1,2-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	400 (1)
1,3-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	-
1,4-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	150 (1)
1,2,4-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	40 (1)
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	3,60 (2)
2-Clorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	2 (1)
2,4-Diclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	6 (1)
3,4-Diclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	6 (1)
2,4,5-Triclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	960 (2)
2,4,6-Triclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	20 (1)
2,3,4,5-Tetraclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	50 (1)
2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	7,50 (1)
Pentaclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	3 (1)
Cresóis	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	19 (1)
Fenol	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	15 (1)
Dietilxil ftalato	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	10 (1)
Dimetilftalato	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	3 (1)
Di-n-Butilftalato	mg/kg	< 0,025	< 0,026	< 0,025	< 0,025	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,024	< 0,024	< 0,022	< 0,025	< 0,022	850 (2)
Hexaclorobenzeno	mg/kg	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	1 (1)
Benzeno	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	0,15 (1)
Estireno	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	80 (1)
Etilbenzeno	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	95 (1)
Tolueno	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	75 (1)
Xilenos	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	70 (1)
Clorobenzeno	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	120 (1)
1,2,3-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	35 (1)

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

(1) Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA Nº 420/2009.

(2) Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB Nº 045/2014/E/C/I.

(3) Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).

(4) Valor de Prevenção da Resolução CONAMA Nº 420/2009.



Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo (continuação)

Sondagem	PM-27	PM-28	PM-29	PM-30	PM-31	PM-32	PM-33	PM-34	PM-35	PM-36	PM-37	PM-38	SD-35	SD-35	SD-36	Valores de Referência	
Profundidade de Coleta (m)	3,0	3,1	3,1	3,7	3,7	3,8	4,1	5,7	5,1	4,7	3,0	2,3	0,5	4,1	0,5		
ID Laboratório	68134	68143	68141	68145	64723	64721	64720	64719	64717	64716	64715	68147	60330	60331	60104		
Nº do Relatório de Ensaio	10647/2016	10647/2016	10647/2016	10647/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10088/2016	10647/2016	9354/2016	9354/2016	9332/2016		
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos															
1,3,5-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	-
1,1-Dicloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	25 <sup>(1)</sup>
1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	0,50 <sup>(1)</sup>
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	25 <sup>(1)</sup>
Cloreto de Vinila	mg/kg	< 0,002	< 0,003	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,003	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,01 <sup>(1)</sup>
1,1-Dicloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	8 <sup>(1)</sup>
Cis-1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	4 <sup>(1)</sup>
Trans-1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	11 <sup>(1)</sup>
Tricloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	22 <sup>(1)</sup>
Tetracloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	13 <sup>(1)</sup>
Cloreto de Metileno	mg/kg	< 0,019	< 0,019	< 0,018	< 0,019	< 0,018	< 0,017	< 0,018	< 0,017	< 0,019	< 0,017	< 0,018	< 0,018	< 0,016	< 0,019	< 0,016	15 <sup>(1)</sup>
Clorofórmio	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	8,50 <sup>(1)</sup>
Tetracloroeto de Carbono	mg/kg	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	1,30 <sup>(1)</sup>
Teor de Sólidos	%	80,10	77,90	81,40	80,50	81,80	86,00	83,70	86,60	79,80	90,50	82,60	82,10	91,50	81,00	91,00	-
Nitrato (como N)	mg/kg	0,24	1,45	0,55	0,19	25,80	< 0,174	1,60	0,24	0,30	0,20	0,50	0,82	2,79	0,81	0,34	1.900.000 <sup>(3)</sup>

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

<sup>(1)</sup> Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA Nº 420/2009.<sup>(2)</sup> Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB Nº 045/2014/E/C/I.<sup>(3)</sup> Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).<sup>(4)</sup> Valor de Prevenção da Resolução CONAMA Nº 420/2009.



Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo (continuação)

Sondagem	SD-36	SD-37	SD-37	SD-38	SD-38	SD-39	SD-39	SD-40	SD-40	SD-41	SD-41	SD-42	SD-42	SD-43	SD-43	Valores de Referência	
Profundidade de Coleta (m)	4,6	0,5	5,4	0,5	6,0	0,5	6,3	0,5	4,4	0,7	5,1	0,5	3,1	0,5	4,2		
ID Laboratório	60105	60100	60101	60098	60099	60326	60327	60106	60107	60328	60329	60338	60339	60108	60109		
Nº do Relatório de Ensaio	9332/2016	9332/2016	9332/2016	9332/2016	9332/2016	9354/2016	9354/2016	9332/2016	9332/2016	9354/2016	9354/2016	9357/2016	9357/2016	9332/2016	9332/2016		
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos															
Alumínio	mg/kg	2.504,50	1.348,80	1.642,30	1.315,80	1.892,10	785,60	629,20	222,60	2.182,80	89,60	2.927,40	873,00	1.526,40	1.131,00	1.614,10	1.100.000 <sup>(3)</sup>
Antimônio Total	mg/kg	< 1,28	< 1,13	< 1,20	< 1,14	< 1,25	< 1,11	< 1,27	< 1,05	< 1,23	< 1,04	< 1,24	< 1,09	< 1,26	< 1,05	< 1,21	25 <sup>(1)</sup>
Arsênio	mg/kg	< 1,92	< 1,70	< 1,79	< 1,71	< 1,88	< 1,67	< 1,91	< 1,57	< 1,84	< 1,56	< 1,86	< 1,63	< 1,89	< 1,57	< 1,82	150 <sup>(1)</sup>
Bário	mg/kg	7,04	12,30	3,04	39,40	3,76	4,74	3,07	5,25	3,51	< 2,09	3,69	7,11	4,87	6,84	3,79	750 <sup>(1)</sup>
Boro Total	mg/kg	< 5,12	< 4,53	< 4,78	< 4,56	< 5,02	< 4,44	< 5,10	< 4,19	< 4,91	< 4,17	< 4,96	< 4,35	< 5,04	< 4,19	< 4,85	230.000 <sup>(3)</sup>
Cádmio	mg/kg	< 1,28	< 1,13	< 1,20	< 1,14	< 1,25	< 1,11	< 1,27	< 1,05	< 1,23	< 1,04	< 1,24	< 1,09	< 1,26	< 1,05	< 1,21	20 <sup>(1)</sup>
Chumbo	mg/kg	3,73	7,89	< 2,39	25,40	< 2,51	2,45	< 2,55	2,89	< 2,45	< 2,09	< 2,48	17,20	4,01	7,24	< 2,43	900 <sup>(1)</sup>
Cobalto	mg/kg	< 1,92	< 1,70	< 1,79	< 1,71	< 1,88	< 1,67	< 1,91	< 1,57	< 1,84	< 1,56	< 1,86	< 1,63	< 1,89	< 1,57	< 1,82	90 <sup>(1)</sup>
Cobre	mg/kg	8,57	< 2,27	3,22	4,63	< 2,51	< 2,22	< 2,55	< 2,10	< 2,45	< 2,09	< 2,48	< 2,18	< 2,52	< 2,10	< 2,43	600 <sup>(1)</sup>
Cromo	mg/kg	< 5,76	< 5,10	< 5,38	< 5,13	< 5,65	< 5,00	< 5,73	< 4,72	< 5,52	< 4,69	< 5,58	< 4,90	< 5,67	< 4,72	< 5,46	400 <sup>(1)</sup>
Ferro	mg/kg	2.939,80	2.662,50	1.636,40	3.583,80	789,10	6.363,50	609,10	1.037,30	627,90	294,10	458,90	2.581,10	4.188,90	2.987,40	1.162,40	820.000 <sup>(3)</sup>
Manganês	mg/kg	< 3,84	99,70	< 3,59	44,50	< 3,76	< 3,33	< 3,82	< 3,14	< 3,68	< 3,13	< 3,72	62,10	18,00	103,20	17,60	26.000 <sup>(3)</sup>
Mercúrio	mg/kg	< 0,128	< 0,113	< 0,120	< 0,114	< 0,125	< 0,111	< 0,127	< 0,105	< 0,123	< 0,104	< 0,124	< 0,109	< 0,126	< 0,105	< 0,121	70 <sup>(1)</sup>
Molibdênio	mg/kg	< 2,56	< 2,27	< 2,39	< 2,28	< 2,51	< 2,22	< 2,55	< 2,10	< 2,45	< 2,09	< 2,48	< 2,18	< 2,52	< 2,10	< 2,43	120 <sup>(1)</sup>
Níquel	mg/kg	< 2,56	< 2,27	< 2,39	< 2,28	< 2,51	< 2,22	< 2,55	< 2,10	< 2,45	< 2,09	< 2,48	< 2,18	< 2,52	< 2,10	< 2,43	130 <sup>(1)</sup>
Prata	mg/kg	< 1,92	< 1,70	< 1,79	< 1,71	< 1,88	< 1,67	< 1,91	< 1,57	< 1,84	< 1,56	< 1,86	< 1,63	< 1,89	< 1,57	< 1,82	100 <sup>(1)</sup>
Selênio	mg/kg	< 1,92	< 1,70	< 1,79	< 1,71	< 1,88	< 1,67	< 1,91	< 1,57	< 1,84	< 1,56	< 1,86	< 1,63	< 1,89	< 1,57	< 1,82	640 <sup>(2)</sup>
Vanádio	mg/kg	6,62	4,69	< 4,78	8,79	9,35	< 4,44	< 5,10	< 4,19	< 4,91	< 4,17	< 4,96	< 4,35	8,49	< 4,19	< 4,85	1.000 <sup>(1)</sup>
Zinco	mg/kg	< 6,40	9,56	< 5,98	15,50	< 6,27	< 5,56	< 6,37	< 5,24	< 6,13	< 5,21	< 6,20	< 5,44	< 6,30	8,75	< 6,07	2.000 <sup>(1)</sup>
PCB Total	mg/kg	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,12 <sup>(1)</sup>
Aldrin	mg/kg	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,03 <sup>(1)</sup>
Dieldrin	mg/kg	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	1,30 <sup>(1)</sup>
Endrin	mg/kg	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	2,50 <sup>(1)</sup>
DDT	mg/kg	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	5 <sup>(1)</sup>
DDD	mg/kg	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	7 <sup>(1)</sup>
DDE	mg/kg	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	3 <sup>(1)</sup>
HCH Beta	mg/kg	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	5 <sup>(1)</sup>
HCH Gama (Lindano)	mg/kg	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	1,50 <sup>(1)</sup>
Antraceno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	10.000 <sup>(2)</sup>
Benzo(a)antraceno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	65 <sup>(1)</sup>
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	240 <sup>(2)</sup>
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	0,57 <sup>(4)</sup>
Benzo(a)pireno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	3,50 <sup>(1)</sup>

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

<sup>(1)</sup> Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA N° 420/2009.<sup>(2)</sup> Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014/E/C/1.<sup>(3)</sup> Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).<sup>(4)</sup> Valor de Prevenção da Resolução CONAMA N° 420/2009.



Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo (continuação)

Sondagem	SD-36	SD-37	SD-37	SD-38	SD-38	SD-39	SD-39	SD-40	SD-40	SD-41	SD-41	SD-42	SD-42	SD-43	SD-43	Valores de Referência	
Profundidade de Coleta (m)	4,6	0,5	5,4	0,5	6,0	0,5	6,3	0,5	4,4	0,7	5,1	0,5	3,1	0,5	4,2		
ID Laboratório	60105	60100	60101	60098	60099	60326	60327	60106	60107	60328	60329	60338	60339	60108	60109		
Nº do Relatório de Ensaio	9332/2016	9332/2016	9332/2016	9332/2016	9332/2016	9354/2016	9354/2016	9332/2016	9332/2016	9354/2016	9354/2016	9357/2016	9357/2016	9332/2016	9332/2016		
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos															
Criseno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	1.600 <sup>(2)</sup>
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	1,30 <sup>(1)</sup>
Fenantreno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	95 <sup>(1)</sup>
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	130 <sup>(1)</sup>
Naftaleno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	90 <sup>(1)</sup>
1,2-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	400 <sup>(1)</sup>
1,3-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	-
1,4-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	150 <sup>(1)</sup>
1,2,4-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	40 <sup>(1)</sup>
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	3,60 <sup>(2)</sup>
2-Clorofenol	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	2 <sup>(1)</sup>
2,4-Diclorofenol	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	6 <sup>(1)</sup>
3,4-Diclorofenol	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	6 <sup>(1)</sup>
2,4,5-Triclorofenol	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	960 <sup>(2)</sup>
2,4,6-Triclorofenol	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	20 <sup>(1)</sup>
2,3,4,5-Tetraclorofenol	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	50 <sup>(1)</sup>
2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	7,50 <sup>(1)</sup>
Pentaclorofenol	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	3 <sup>(1)</sup>
Cresóis	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	19 <sup>(1)</sup>
Fenol	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	15 <sup>(1)</sup>
Dietilxil ftalato	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	10 <sup>(1)</sup>
Dimetilftalato	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	3 <sup>(1)</sup>
Di-n-Butilftalato	mg/kg	< 0,026	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,021	< 0,025	< 0,022	< 0,025	< 0,021	< 0,024	850 <sup>(2)</sup>
Hexaclorobenzeno	mg/kg	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	1 <sup>(1)</sup>
Benzeno	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	0,15 <sup>(1)</sup>
Estireno	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	80 <sup>(1)</sup>
Etilbenzeno	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	95 <sup>(1)</sup>
Tolueno	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	75 <sup>(1)</sup>
Xilenos	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	70 <sup>(1)</sup>
Clorobenzeno	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	120 <sup>(1)</sup>
1,2,3-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	35 <sup>(1)</sup>

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

<sup>(1)</sup> Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA N° 420/2009.<sup>(2)</sup> Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014/E/C/I.<sup>(3)</sup> Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).<sup>(4)</sup> Valor de Prevenção da Resolução CONAMA N° 420/2009.



Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo (continuação)

Sondagem	SD-36	SD-37	SD-37	SD-38	SD-38	SD-39	SD-39	SD-40	SD-40	SD-41	SD-41	SD-42	SD-42	SD-43	SD-43	Valores de Referência	
Profundidade de Coleta (m)	4,6	0,5	5,4	0,5	6,0	0,5	6,3	0,5	4,4	0,7	5,1	0,5	3,1	0,5	4,2		
ID Laboratório	60105	60100	60101	60098	60099	60326	60327	60106	60107	60328	60329	60338	60339	60108	60109		
Nº do Relatório de Ensaio	9332/2016	9332/2016	9332/2016	9332/2016	9332/2016	9354/2016	9354/2016	9332/2016	9332/2016	9354/2016	9354/2016	9357/2016	9357/2016	9332/2016	9332/2016		
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos															
1,3,5-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	-
1,1-Dicloroetano	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	25 <sup>(1)</sup>
1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	0,50 <sup>(1)</sup>
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	25 <sup>(1)</sup>
Cloreto de Vinila	mg/kg	< 0,003	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,003	< 0,002	< 0,003	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,003	< 0,002	< 0,002	0,01 <sup>(1)</sup>
1,1-Dicloroetano	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	8 <sup>(1)</sup>
Cis-1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	4 <sup>(1)</sup>
Trans-1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	11 <sup>(1)</sup>
Tricloroetano	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	22 <sup>(1)</sup>
Tetracloroetano	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	13 <sup>(1)</sup>
Cloreto de Metileno	mg/kg	< 0,019	< 0,017	< 0,018	< 0,017	< 0,019	< 0,017	< 0,019	< 0,016	< 0,018	< 0,016	< 0,019	< 0,016	< 0,019	< 0,016	< 0,018	15 <sup>(1)</sup>
Clorofórmio	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	8,50 <sup>(1)</sup>
Tetracloro de Carbono	mg/kg	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,010	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,009	1,30 <sup>(1)</sup>
Teor de Sólidos	%	78,10	88,30	83,60	87,70	79,70	90,00	78,50	95,40	81,50	95,90	80,70	91,90	79,40	95,40	82,40	-
Nitrato (como N)	mg/kg	0,54	0,21	< 0,179	< 0,171	< 0,188	6,10	2,37	0,17	2,03	0,19	0,87	0,63	< 0,189	< 0,157	< 0,182	1.900.000 <sup>(3)</sup>

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

<sup>(1)</sup> Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA N° 420/2009.

<sup>(2)</sup> Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014/E/C/I.

<sup>(3)</sup> Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).

<sup>(4)</sup> Valor de Prevenção da Resolução CONAMA N° 420/2009.



Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo (continuação)

Sondagem	SD-44	SD-44	SD-45	SD-45	SD-46	SD-46	SD-47	SD-47	SD-48	SD-48	SD-49	SD-49	SD-50	SD-50	SD-51	Valores de Referência	
Profundidade de Coleta (m)	0,5	4,1	0,5	2,7	0,5	3,0	0,6	4,3	0,5	4,1	0,5	4,0	0,7	5,0	0,7		
ID Laboratório	60322	60323	60324	60325	60340	60341	60346	60347	60344	60345	60342	60343	68139	68140	68135		
Nº do Relatório de Ensaio	9354/2016	9354/2016	9354/2016	9354/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	10647/2016	10647/2016	10647/2016		
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos															
Alumínio	mg/kg	2.438,40	2.971,80	1.929,10	2.963,00	520,10	598,20	271,60	111,10	1.241,40	616,10	3.021,20	602,70	151,70	80,70	853,30	1.100.000 <sup>(3)</sup>
Antimônio Total	mg/kg	< 1,10	< 1,19	< 1,14	< 1,19	< 1,05	< 1,20	< 1,14	< 1,18	< 1,15	< 1,34	< 1,12	< 1,48	< 1,08	< 1,13	< 1,15	25 <sup>(1)</sup>
Arsênio	mg/kg	< 1,65	< 1,79	< 1,70	< 1,79	< 1,57	< 1,80	< 1,70	< 1,77	< 1,72	< 2,01	< 1,68	< 2,23	< 1,62	< 1,70	< 1,73	150 <sup>(1)</sup>
Bário	mg/kg	4,55	3,94	7,46	2,76	2,94	3,35	30,40	5,20	16,10	23,20	29,00	37,30	< 2,16	< 2,26	3,91	750 <sup>(1)</sup>
Boro Total	mg/kg	< 4,41	< 4,77	< 4,54	< 4,76	< 4,19	< 4,81	< 4,54	< 4,73	< 4,60	< 5,36	< 4,47	< 5,93	< 4,32	< 4,52	< 4,62	230.000 <sup>(3)</sup>
Cádmio	mg/kg	< 1,10	< 1,19	< 1,14	< 1,19	< 1,05	< 1,20	< 1,14	< 1,18	< 1,15	< 1,34	< 1,12	< 1,48	< 1,08	< 1,13	< 1,15	20 <sup>(1)</sup>
Chumbo	mg/kg	< 2,20	< 2,38	< 2,27	< 2,38	< 2,10	< 2,40	35,60	2,80	12,20	< 2,68	20,10	44,60	< 2,16	13,50	< 2,31	900 <sup>(1)</sup>
Cobalto	mg/kg	< 1,65	2,26	< 1,70	< 1,79	< 1,57	< 1,80	< 1,70	< 1,77	2,55	< 2,01	2,03	< 2,23	< 1,62	< 1,70	< 1,73	90 <sup>(1)</sup>
Cobre	mg/kg	2,31	< 2,38	3,16	< 2,38	< 2,10	2,88	11,30	< 2,36	5,08	< 2,68	6,95	4,04	< 2,16	< 2,26	< 2,31	600 <sup>(1)</sup>
Cromo	mg/kg	< 4,96	< 5,36	< 5,11	< 5,36	< 4,72	< 5,41	< 5,11	< 5,32	< 5,17	< 6,03	< 5,03	7,64	< 4,86	< 5,09	< 5,20	400 <sup>(1)</sup>
Ferro	mg/kg	1.736,90	2.007,40	1.726,30	575,30	1.195,00	1.724,80	25.664,00	1.901,90	4.992,00	323,50	9.968,70	4.547,50	230,90	1.138,00	2.654,70	820.000 <sup>(3)</sup>
Manganês	mg/kg	19,30	18,20	35,70	< 3,57	37,20	42,60	9,67	< 3,55	101,80	< 4,02	50,60	< 4,45	< 3,24	6,13	73,80	26.000 <sup>(3)</sup>
Mercúrio	mg/kg	< 0,110	< 0,119	< 0,114	< 0,119	< 0,105	< 0,120	< 0,114	< 0,118	< 0,115	< 0,134	< 0,112	< 0,148	< 0,108	< 0,113	< 0,115	70 <sup>(1)</sup>
Molibdênio	mg/kg	< 2,20	< 2,38	< 2,27	< 2,38	< 2,10	< 2,40	< 2,27	< 2,36	< 2,30	< 2,68	< 2,23	< 2,97	< 2,16	< 2,26	< 2,31	120 <sup>(1)</sup>
Níquel	mg/kg	< 2,20	< 2,38	< 2,27	< 2,38	< 2,10	< 2,40	2,61	< 2,36	4,61	< 2,68	< 2,23	< 2,97	< 2,16	< 2,26	< 2,31	130 <sup>(1)</sup>
Prata	mg/kg	< 1,65	< 1,79	< 1,70	< 1,79	< 1,57	< 1,80	< 1,70	< 1,77	< 1,72	< 2,01	< 1,68	< 2,23	< 1,62	< 1,70	< 1,73	100 <sup>(1)</sup>
Selênio	mg/kg	< 1,65	< 1,79	< 1,70	< 1,79	< 1,57	< 1,80	< 1,70	< 1,77	< 1,72	< 2,01	< 1,68	< 2,23	< 1,62	< 1,70	< 1,73	640 <sup>(2)</sup>
Vanádio	mg/kg	< 4,41	5,20	< 4,54	< 4,76	< 4,19	< 4,81	5,68	< 4,73	5,52	< 5,36	9,83	< 5,93	< 4,32	< 4,52	< 4,62	1.000 <sup>(1)</sup>
Zinco	mg/kg	7,71	< 5,96	14,50	< 5,95	< 5,24	< 6,01	< 5,68	< 5,91	33,00	< 6,70	20,60	< 7,42	< 5,41	< 5,66	< 5,77	2.000 <sup>(1)</sup>
PCB Total	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,12 <sup>(1)</sup>
Aldrin	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,03 <sup>(1)</sup>
Dieldrin	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	1,30 <sup>(1)</sup>
Endrin	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	2,50 <sup>(1)</sup>
DDT	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	5 <sup>(1)</sup>
DDD	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	7 <sup>(1)</sup>
DDE	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	3 <sup>(1)</sup>
HCH Beta	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	5 <sup>(1)</sup>
HCH Gama (Lindano)	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	1,50 <sup>(1)</sup>
Antraceno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	10.000 <sup>(2)</sup>
Benzo(a)antraceno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	65 <sup>(1)</sup>
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	240 <sup>(2)</sup>
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	0,57 <sup>(4)</sup>
Benzo(a)pireno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	3,50 <sup>(1)</sup>

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

<sup>(1)</sup> Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA Nº 420/2009.<sup>(2)</sup> Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB Nº 045/2014/E/C/I.<sup>(3)</sup> Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).<sup>(4)</sup> Valor de Prevenção da Resolução CONAMA Nº 420/2009.



Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo (continuação)

Sondagem	SD-44	SD-44	SD-45	SD-45	SD-46	SD-46	SD-47	SD-47	SD-48	SD-48	SD-49	SD-49	SD-50	SD-50	SD-51	Valores de Referência	
Profundidade de Coleta (m)	0,5	4,1	0,5	2,7	0,5	3,0	0,6	4,3	0,5	4,1	0,5	4,0	0,7	5,0	0,7		
ID Laboratório	60322	60323	60324	60325	60340	60341	60346	60347	60344	60345	60342	60343	68139	68140	68135		
Nº do Relatório de Ensaio	9354/2016	9354/2016	9354/2016	9354/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	10647/2016	10647/2016	10647/2016		
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos															
Criseno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	1.600 <sup>(2)</sup>
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	1,30 <sup>(1)</sup>
Fenantreno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	95 <sup>(1)</sup>
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	130 <sup>(1)</sup>
Naftaleno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	90 <sup>(1)</sup>
1,2-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	400 <sup>(1)</sup>
1,3-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	-
1,4-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	150 <sup>(1)</sup>
1,2,4-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	40 <sup>(1)</sup>
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	3,60 <sup>(2)</sup>
2-Clorofenol	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	2 <sup>(1)</sup>
2,4-Diclorofenol	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	6 <sup>(1)</sup>
3,4-Diclorofenol	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	6 <sup>(1)</sup>
2,4,5-Triclorofenol	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	960 <sup>(2)</sup>
2,4,6-Triclorofenol	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	20 <sup>(1)</sup>
2,3,4,5-Tetraclorofenol	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	50 <sup>(1)</sup>
2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	7,50 <sup>(1)</sup>
Pentaclorofenol	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	3 <sup>(1)</sup>
Cresóis	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	19 <sup>(1)</sup>
Fenol	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	15 <sup>(1)</sup>
Dietilxil ftalato	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	10 <sup>(1)</sup>
Dimetilftalato	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	3 <sup>(1)</sup>
Di-n-Butilftalato	mg/kg	< 0,022	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,021	< 0,024	< 0,023	< 0,024	< 0,023	< 0,027	< 0,022	< 0,030	< 0,022	< 0,023	< 0,023	850 <sup>(2)</sup>
Hexaclorobenzeno	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	1 <sup>(1)</sup>
Benzeno	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	0,15 <sup>(1)</sup>
Estireno	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	80 <sup>(1)</sup>
Etilbenzeno	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	95 <sup>(1)</sup>
Tolueno	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	75 <sup>(1)</sup>
Xilenos	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	70 <sup>(1)</sup>
Clorobenzeno	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	120 <sup>(1)</sup>
1,2,3-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	35 <sup>(1)</sup>

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

<sup>(1)</sup> Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA N° 420/2009.<sup>(2)</sup> Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014/E/C/I.<sup>(3)</sup> Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).<sup>(4)</sup> Valor de Prevenção da Resolução CONAMA N° 420/2009.



Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo (continuação)

Sondagem	SD-44	SD-44	SD-45	SD-45	SD-46	SD-46	SD-47	SD-47	SD-48	SD-48	SD-49	SD-49	SD-50	SD-50	SD-51	Valores de Referência	
Profundidade de Coleta (m)	0,5	4,1	0,5	2,7	0,5	3,0	0,6	4,3	0,5	4,1	0,5	4,0	0,7	5,0	0,7		
ID Laboratório	60322	60323	60324	60325	60340	60341	60346	60347	60344	60345	60342	60343	68139	68140	68135		
Nº do Relatório de Ensaio	9354/2016	9354/2016	9354/2016	9354/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	9357/2016	10647/2016	10647/2016	10647/2016		
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos															
1,3,5-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	-
1,1-Dicloroetano	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	25 <sup>(1)</sup>
1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	0,50 <sup>(1)</sup>
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	25 <sup>(1)</sup>
Cloreto de Vinila	mg/kg	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,003	< 0,002	< 0,003	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,01 <sup>(1)</sup>
1,1-Dicloroetano	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	8 <sup>(1)</sup>
Cis-1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	4 <sup>(1)</sup>
Trans-1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	11 <sup>(1)</sup>
Tricloroetano	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	22 <sup>(1)</sup>
Tetracloroetano	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	13 <sup>(1)</sup>
Cloreto de Metileno	mg/kg	< 0,017	< 0,018	< 0,017	< 0,018	< 0,016	< 0,018	< 0,017	< 0,018	< 0,017	< 0,020	< 0,017	< 0,022	< 0,016	< 0,017	< 0,017	15 <sup>(1)</sup>
Clorofórmio	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	8,50 <sup>(1)</sup>
Tetracloro de Carbono	mg/kg	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,008	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,008	< 0,011	< 0,008	< 0,008	< 0,009	1,30 <sup>(1)</sup>
Teor de Sólidos	%	90,80	83,90	88,10	84,00	95,40	83,20	88,10	84,60	87,00	74,60	89,50	67,40	92,50	88,40	86,60	-
Nitrato (como N)	mg/kg	0,28	1,13	0,63	6,54	< 0,157	0,52	< 0,170	0,26	0,85	< 0,201	21,70	< 0,223	0,36	2,39	0,91	1.900.000 <sup>(3)</sup>

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

<sup>(1)</sup> Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA Nº 420/2009.<sup>(2)</sup> Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB Nº 045/2014/E/C/1.<sup>(3)</sup> Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).<sup>(4)</sup> Valor de Prevenção da Resolução CONAMA Nº 420/2009.



Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo (continuação)

Sondagem		SD-51	SD-52	SD-53	SD-53	RES-02 (PILHA DE ENTULHO)	Valores de Referência
Profundidade de Coleta (m)		3,2	0,7	0,5	3,5	Superficial	
ID Laboratório		68136	64714	68137	68138	60258	
Nº do Relatório de Ensaio		10647/2016	10088/2016	10647/2016	10647/2016	9345/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos					
Alumínio	mg/kg	621,40	1.939,80	313,10	525,80	860,90	1.100.000 <sup>(3)</sup>
Antimônio Total	mg/kg	< 1,25	< 1,11	< 1,05	< 1,24	< 1,14	25 <sup>(1)</sup>
Arsênio	mg/kg	< 1,87	< 1,67	< 1,58	< 1,86	< 1,71	150 <sup>(1)</sup>
Bário	mg/kg	< 2,49	29,10	4,03	2,53	12,50	750 <sup>(1)</sup>
Boro Total	mg/kg	< 4,99	< 4,46	< 4,21	< 4,97	< 4,55	230.000 <sup>(3)</sup>
Cádmio	mg/kg	< 1,25	< 1,11	< 1,05	< 1,24	< 1,14	20 <sup>(1)</sup>
Chumbo	mg/kg	< 2,49	45,40	7,12	< 2,48	13,30	900 <sup>(1)</sup>
Cobalto	mg/kg	< 1,87	2,06	< 1,58	< 1,86	< 1,71	90 <sup>(1)</sup>
Cobre	mg/kg	< 2,49	8,35	< 2,10	< 2,48	3,79	600 <sup>(1)</sup>
Cromo	mg/kg	< 5,61	7,98	< 4,73	< 5,59	< 5,12	400 <sup>(1)</sup>
Ferro	mg/kg	1.649,60	23.623,20	2.342,80	3.877,00	3.994,30	820.000 <sup>(3)</sup>
Manganês	mg/kg	54,20	300,20	10,20	8,55	2.400,50	26.000 <sup>(3)</sup>
Mercúrio	mg/kg	< 0,125	< 0,111	< 0,105	< 0,124	< 0,114	70 <sup>(1)</sup>
Molibdênio	mg/kg	< 2,49	< 2,23	< 2,10	< 2,48	< 2,28	120 <sup>(1)</sup>
Níquel	mg/kg	< 2,49	6,53	< 2,10	< 2,48	< 2,28	130 <sup>(1)</sup>
Prata	mg/kg	< 1,87	< 1,67	< 1,58	< 1,86	< 1,71	100 <sup>(1)</sup>
Selênio	mg/kg	< 1,87	< 1,67	< 1,58	< 1,86	< 1,71	640 <sup>(2)</sup>
Vanádio	mg/kg	< 4,99	8,15	< 4,21	< 4,97	6,05	1.000 <sup>(1)</sup>
Zinco	mg/kg	< 6,23	45,20	< 5,26	< 6,21	24,80	2.000 <sup>(1)</sup>
PCB Total	mg/kg	< 0,0002	0,0040	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,12 <sup>(1)</sup>
Aldrin	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,03 <sup>(1)</sup>
Dieldrin	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	1,30 <sup>(1)</sup>
Endrin	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	2,50 <sup>(1)</sup>
DDT	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	5 <sup>(1)</sup>
DDD	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	7 <sup>(1)</sup>
DDE	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	3 <sup>(1)</sup>
HCH Beta	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	5 <sup>(1)</sup>
HCH Gama (Lindano)	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	1,50 <sup>(1)</sup>
Antraceno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	10.000 <sup>(2)</sup>
Benzo(a)antraceno	mg/kg	< 0,025	0,378	< 0,021	< 0,025	< 0,023	65 <sup>(1)</sup>
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	240 <sup>(2)</sup>
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	0,57 <sup>(4)</sup>
Benzo(a)pireno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	3,50 <sup>(1)</sup>

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

<sup>(1)</sup> Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA N° 420/2009.<sup>(2)</sup> Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014/E/C/I.<sup>(3)</sup> Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).<sup>(4)</sup> Valor de Prevenção da Resolução CONAMA N° 420/2009.



Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo (continuação)

Sondagem		SD-51	SD-52	SD-53	SD-53	RES-02 (PILHA DE ENTULHO)	Valores de Referência
Profundidade de Coleta (m)		3,2	0,7	0,5	3,5	Superficial	
ID Laboratório		68136	64714	68137	68138	60258	
Nº do Relatório de Ensaio		10647/2016	10088/2016	10647/2016	10647/2016	9345/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos					
Criseno	mg/kg	< 0,025	0,681	< 0,021	< 0,025	< 0,023	1.600 <sup>(2)</sup>
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	1,30 <sup>(1)</sup>
Fenantreno	mg/kg	< 0,025	0,474	< 0,021	< 0,025	< 0,023	95 <sup>(1)</sup>
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	130 <sup>(1)</sup>
Naftaleno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	90 <sup>(1)</sup>
1,2-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	400 <sup>(1)</sup>
1,3-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	-
1,4-Diclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	150 <sup>(1)</sup>
1,2,4-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	40 <sup>(1)</sup>
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	3,60 <sup>(2)</sup>
2-Clorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	2 <sup>(1)</sup>
2,4-Diclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	6 <sup>(1)</sup>
3,4-Diclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	6 <sup>(1)</sup>
2,4,5-Triclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	960 <sup>(2)</sup>
2,4,6-Triclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	20 <sup>(1)</sup>
2,3,4,5-Tetraclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	50 <sup>(1)</sup>
2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	7,50 <sup>(1)</sup>
Pentaclorofenol	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	3 <sup>(1)</sup>
Cresóis	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	19 <sup>(1)</sup>
Fenol	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	15 <sup>(1)</sup>
Dietilxil ftalato	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	10 <sup>(1)</sup>
Dimetilftalato	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	3 <sup>(1)</sup>
Di-n-Butilftalato	mg/kg	< 0,025	< 0,022	< 0,021	< 0,025	< 0,023	850 <sup>(2)</sup>
Hexaclorobenzeno	mg/kg	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	1 <sup>(1)</sup>
Benzeno	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	0,15 <sup>(1)</sup>
Estireno	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	80 <sup>(1)</sup>
Etilbenzeno	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	95 <sup>(1)</sup>
Tolueno	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	75 <sup>(1)</sup>
Xilenos	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	70 <sup>(1)</sup>
Clorobenzeno	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	120 <sup>(1)</sup>
1,2,3-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	35 <sup>(1)</sup>

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

<sup>(1)</sup> Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA N° 420/2009.<sup>(2)</sup> Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014/E/C/I.<sup>(3)</sup> Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).<sup>(4)</sup> Valor de Prevenção da Resolução CONAMA N° 420/2009.



Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo (continuação)

Sondagem		SD-51	SD-52	SD-53	SD-53	RES-02 (PILHA DE ENTULHO)	Valores de Referência
Profundidade de Coleta (m)		3,2	0,7	0,5	3,5	Superficial	
ID Laboratório		68136	64714	68137	68138	60258	
Nº do Relatório de Ensaio		10647/2016	10088/2016	10647/2016	10647/2016	9345/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos					
1,3,5-Triclorobenzeno	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	-
1,1-Dicloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	25 <sup>(1)</sup>
1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	0,50 <sup>(1)</sup>
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	25 <sup>(1)</sup>
Cloreto de Vinila	mg/kg	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,01 <sup>(1)</sup>
1,1-Dicloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	8 <sup>(1)</sup>
Cis-1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	4 <sup>(1)</sup>
Trans-1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	11 <sup>(1)</sup>
Tricloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	22 <sup>(1)</sup>
Tetracloroetano	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	13 <sup>(1)</sup>
Cloreto de Metileno	mg/kg	< 0,019	< 0,017	< 0,016	< 0,019	< 0,017	15 <sup>(1)</sup>
Clorofórmio	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	8,50 <sup>(1)</sup>
Tetracloroeto de Carbono	mg/kg	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,009	1,30 <sup>(1)</sup>
Teor de Sólidos	%	80,20	89,70	95,10	80,50	87,90	-
Nitrato (como N)	mg/kg	1,45	14,40	1,64	0,42	< 0,171	1.900.000 <sup>(3)</sup>

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

<sup>(1)</sup> Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA N° 420/2009.<sup>(2)</sup> Valor de Intervenção Industrial da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014/E/C/I.<sup>(3)</sup> Regional Screening Level (RSL) – Industrial Soil (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016).<sup>(4)</sup> Valor de Prevenção da Resolução CONAMA N° 420/2009.



**Tabela 15: Resultados dos parâmetros físicos das amostras de solo**

Sondagem		PM-28	PM-30	PM-32	PM-34	PM-38
Profundidade de Coleta (m)		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ID Laboratório		68142	68144	64722	64718	68146
Nº do Relatório de Ensaio		10647/2016	10647/2016	10088/2016	10088/2016	10647/2016
Parâmetros	Unidade	Resultados Geotecnia				
Argila	%	2,30	2,60	3,64	16,5	6,01
Silte	%	1,33	0,3145	0,4917	0,9855	0,1684
Areia muito fina	%	8,91	17,1	36,2	33,5	7,25
Areia fina	%	78,8	62,7	26,2	15,6	74,3
Areia média	%	6,83	16,6	18,5	17,7	11,0
Areia grossa	%	0,5997	0,6227	13,3	8,50	0,9270
Areia muito grossa	%	0,7453	0,1582	1,23	5,38	0,3464
Areia Total	%	95,85	97,14	95,54	80,58	93,78
Cascalho	%	0,3051	< 0,1100	< 0,1100	1,94	< 0,1100
Porosidade Efetiva	%	-	-	-	7,96	-
Porosidade Total	%	-	-	-	36,3	-
Densidade Aparente	g/cm <sup>3</sup>	-	-	-	1,59	-
Densidade de Partículas	g/cm <sup>3</sup>	2,70	3,42	2,37	2,31	2,15
Umidade	%	-	-	-	12,69	-
Fração Carbono Orgânica	%	1,18	1,41	1,68	< 0,740	0,990

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

(-) Dado inexistente.

---

## 5.2 Água Subterrânea

A Tabela 16 a seguir, apresenta uma compilação dos resultados analíticos obtidos para as amostras de água subterrânea. Os parâmetros que apresentaram concentrações superiores aos respectivos valores de referência nos poços de monitoramento preexistentes (PM-01 a PM-26) foram:

- Alumínio (07 poços: PM-06, PM-11, PM-12, PM-15, PM-17, PM-18 e PM-26);
- Alumínio Dissolvido (06 poços: PM-06, PM-11, PM-12, PM-15, PM-17 e PM-18);
- Arsênio (01 poço: PM-18);
- Arsênio Dissolvido (01 poço: PM-18);
- Boro (06 poços: PM-02, PM-03, PM-10, PM-15, PM-22 e PM-24);
- Boro Dissolvido (04 poços: PM-02, PM-03, PM-10 e PM-15);
- Cádmio (01 poço: PM-11);
- Cádmio Dissolvido (01 poço: PM-11);
- Cobalto (01 poço: PM-11);
- Cobalto Dissolvido (01 poço: PM-11);
- Cromo (01 poço: PM-26);
- Cromo Dissolvido (01 poço: PM-26);
- Ferro (05 poços: PM-11, PM-14, PM-16, PM-18 e PM-26);
- Ferro Dissolvido (04 poços: PM-11, PM-16, PM-18 e PM-26);
- Manganês (09 poços: PM-05, PM-10, PM-11, PM-15, PM-16, PM-18, PM-19, PM-22 e PM-26);
- Manganês Dissolvido (08 poços: PM-05, PM-10, PM-11, PM-16, PM-18, PM-19, PM-22 e PM-26);
- Níquel (06 poços: PM-07, PM-11, PM-12, PM-15, PM-18 e PM-22);
- Níquel Dissolvido (05 poços: PM-07, PM-11, PM-12, PM-15 e PM-18);
- Tálcio (01 poço: PM-22);
- Zinco (01 poço: PM-11);
- Zinco Dissolvido (01 poço: PM-11);
- Nitrato (04 poços: PM-05, PM-12, PM-15 e PM-22);

- 
- Coliformes Termotolerantes (03 poços: PM-15, PM-19 e PM-25);
  - Sódio (03 poços: PM-05, PM-15 e PM-26); e
  - TPH Total (01 poço: PM-26).

Nos novos poços de monitoramento instalados (PM-27 a PM-38) foram identificados os seguintes parâmetros com concentrações superiores aos respectivos valores de referência:

- Alumínio (05 poços: PM-32, PM-34, PM-35, PM-37 e PM-38);
- Boro (02 poços: PM-27 e PM-31);
- Cádmio (01 poço: PM-35);
- Chumbo (01 poço: PM-32);
- Cobalto (01 poço: PM-34);
- Ferro (04 poços: PM-30, PM-35, PM-36 e PM-38);
- Manganês (08 poços: PM-27, PM-30, PM-32, PM-33, PM-34, PM-35, PM-37 e PM-38);
- Níquel (05 poços: PM-33, PM-34, PM-35, PM-37 e PM-38);
- Zinco (02 poços: PM-34 e PM-35);
- Nitrato (02 poços: PM-31 e PM-32); e
- Sódio (01 poço: PM-27).

Em relação às diferenças verificadas entre as concentrações de metais dissolvidos e metais totais (PM-01 a PM-26), é importante observar que:

- Nos sistemas aquáticos os metais podem ser transportados na fração dissolvida (complexados a compostos orgânicos em solução) e particulada (associados a minerais, partículas orgânicas, microrganismos, partículas inorgânicas cobertas por material orgânico) (ZAGATTO E BERTOLETTI, 2006 *apud* FALQUETO, 2008).
- A quantificação de metais totais inclui as frações dissolvida e particulada.
- A adsorção dos metais a partículas orgânicas e inorgânicas é influenciada, dentre outros fatores, pelo pH: baixos valores de pH → poucos metais são adsorvidos; valores elevados de pH → a maioria dos metais catiônicos é adsorvida (FALQUETO, 2008). Ou seja, o pH interfere na especiação geoquímica dos metais, condicionando a biodisponibilidade dos mesmos no ambiente aquático.

- 
- O metal dissolvido se aproxima mais da fração biodisponível do composto metálico na coluna d'água do que o metal total recuperável (USEPA, 1994).
  - A diferença observada nas concentrações dos metais entre a fração dissolvida e total também pode estar associada ao particulado eventualmente gerado durante a amostragem dos poços de monitoramento.

Em nenhum dos poços amostrados foi verificada a presença de fase livre sobrenadante.

Embora o parâmetro Enxofre não possua valor de investigação, destacam-se as altas concentrações quantificadas na área de estudo (no poço PM-26, por exemplo, foi de 1.069,02 mg/L), possivelmente associadas ao histórico de uso do *site*.

Os resultados das amostras de controle (branco de campo, branco de equipamento e brancos de viagem) se mostraram satisfatórios, uma vez não indicaram concentrações acima dos limites de quantificação para as substâncias analisadas.

Em relação aos resultados do monitoramento *in-situ* dos parâmetros físico-químicos (Tabela 17), destaca-se:

- O pH da água subterrânea variou entre 3,27 (PM-35) e 7,66 (PM-25). Os baixos valores de pH detectados em diversos poços podem ser indicativos da potencial existência de fontes de contaminação de drenagem ácida ativas na área do Porto e/ou no seu entorno (ex.: ocorrência de substâncias ou resíduos ácidos, como a pirita, no subsolo).
- Os valores de Potencial Redox indicaram um ambiente predominantemente oxidante, com exceção dos resultados obtidos para os poços PM-16 (-5,3mV), PM-18 (-68,4 mV), PM-26 (-202,4 mV) e PM-30 (-83,9 mV).
- O alto valor de Turbidez medido no poço PM-38 (972 NTU).

Os resultados completos das análises químicas das amostras de água subterrânea são apresentados nos laudos analíticos emitidos pelo laboratório Analytical Technology: Relatórios de Ensaio N° 10887/2016, 10969/2016, 11073/2016, 11262/2016, 11371/2016, 11493/2016, 11541/2016, 11713/2016, 11799/2016, 11888/2016 e 12049/2016 (ANEXO 8).

---

A Figura 22 apresenta a distribuição das ocorrências de contaminação acima dos valores de referência nas águas subterrâneas.

A partir dos resultados analíticos obtidos também foi realizado o mapeamento da contaminação (delimitação das plumas em fase dissolvida na água subterrânea), com o objetivo de conhecer a distribuição horizontal das substâncias químicas de interesse e delimitar as regiões onde essas substâncias apresentam concentrações acima dos valores de referência (Figuras 23 a 38).

De acordo com a norma ABNT NBR 15515-3:2013, foi considerado como ponto-limite das plumas para o mapeamento horizontal, de modo geral, o ponto situado na metade da distância entre os poços de monitoramento que apresentaram concentrações das SQR superiores aos valores de referência e o primeiro poço com concentrações inferiores aos valores de referência. Sendo assim, nas Figuras 23 a 38, os contornos contínuos das plumas representam porções “fechadas” (delimitadas) e os contornos tracejados são considerados como representação das porções “abertas” (ausência de dados para delimitação). Em relação aos metais, foram consideradas apenas as concentrações de metais totais (maior concentração).

Segue abaixo algumas considerações sobre as plumas delimitadas:

- Pluma de Alumínio: foram delimitadas duas plumas. Uma localizada na divisa da área do Porto com a área da ex-ICC/GASPETRO, envolvendo os poços PM-15, PM-17, PM-18, PM-26 e PM-38; encontra-se aberta à montante do fluxo subterrâneo, em área externa, e à jusante do PM-18. A outra pluma delimitada está localizada na porção centro sul do *site*, incluindo os poços PM-06, PM-11, PM-12, PM-32, PM-34, PM-35 e PM-37; encontra-se aberta à jusante dos poços PM-06 e PM-35.
- Pluma de Arsênio: ocorrência pontual (PM-18), localizada próxima à fronteira norte do Porto.
- Pluma de Boro: ocorrências pontuais (PM-02, PM-03, PM-22, PM-24 e PM-27), de forma dispersa pelo *site*, e uma pluma localizada próxima a porção central da área de estudo, entre os Armazéns 1 e 5, envolvendo os poços PM-10, PM-15 e PM-31.

- 
- Pluma de Cádmio: ocorrências pontuais (PM-11 e PM-35), localizadas na porção sul do Porto.
  - Pluma de Chumbo: ocorrência pontual (PM-32) localizada na porção central do Porto, delimitada em todas as direções.
  - Pluma de Cobalto: ocorrências pontuais (PM-11 e PM-34), localizadas na porção sul do Porto.
  - Pluma de Cromo: ocorrência pontual (PM-26), localizada próxima à fronteira norte do Porto.
  - Pluma de Ferro: ocorrências pontuais (PM-14, PM-16, PM-18, PM-26, PM-30 e PM-38), de forma dispersa pelo *site*, e uma pluma localizada na porção sul da área de estudo, incluindo os poços PM-11, PM-35 e PM-36.
  - Pluma de Manganês: ocorre de forma generalizada na área do *site* (PM-05, PM-10, PM-11, PM-15, PM-16, PM-18, PM-19, PM-22, PM-26, PM-27, PM-30, PM-32, PM-33, PM-34, PM-35, PM-37 e PM-38).
  - Pluma de Níquel: ocorrências pontuais (PM-15, PM-18, PM-22 e PM-38), de forma dispersa pelo *site*, e uma pluma localizada na porção sul da área de estudo, incluindo os poços PM-07, PM-11, PM-12, PM-33, PM-34, PM-35 e PM-37.
  - Pluma de Tálcio: ocorrência pontual (PM-22), localizada próxima a porção central do *site*.
  - Pluma de Zinco: localizada na porção sul do Porto, envolvendo os poços PM-11, PM-34 e PM-35.
  - Pluma de Nitrato: ocorrência pontual (PM-22) e pluma envolvendo os poços PM-05, PM-12, PM-15, PM-31 e PM-32, localizadas próximas a porção central do Porto.
  - Pluma de Coliformes Termotolerantes: ocorrências pontuais (PM-15, PM-19 e PM-25), de forma dispersa pelo *site*.
  - Pluma de Sódio: localizada na porção oeste-noroeste da área do Porto, envolvendo os poços PM-05, PM-15, PM-26 e PM-27.
  - Pluma de TPH Total: ocorrência pontual (PM-26), localizada próxima à fronteira norte do *site*.

Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea

Poço de Monitoramento		PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07	PM-08	PM-10	PM-11	PM-12	PM-13	PM-14	PM-15	Valores de Referência
ID Laboratório		71348	73595	74314	74784	72557	69925	69926	74783	74318	70733	69927	70737	70736	74316	
Nº do Relatório de Ensaio		11073/2016	11371/2016	11493/2016	11541/2016	11262/2016	10887/2016	10887/2016	11541/2016	11493/2016	10969/2016	10887/2016	10969/2016	10969/2016	11493/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos														
Alumínio	µg/L	2.295,70	472,40	495,70	309,10	2.725,10	<b>4.472,80</b>	2.684,80	1.050,70	3.210,90	<b>190.543,50</b>	<b>11.282,60</b>	1.635,90	1.627,20	<b>11.587,00</b>	3.500 (1)
Alumínio Dissolvido	µg/L	773,00	< 30,0	235,00	< 30,0	2.653,00	<b>3.686,00</b>	1.872,00	389,00	304,00	<b>143.737,00</b>	<b>9.519,00</b>	709,00	638,00	<b>9.850,00</b>	3.500 (1)
Antimônio	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	5 (1)
Antimônio Dissolvido	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	5 (1)
Arsênio	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	10 (1)
Arsênio Dissolvido	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	10 (1)
Bário	µg/L	71,80	< 10,0	27,10	38,00	241,00	35,60	16,70	59,10	25,10	39,30	81,60	12,40	16,30	78,80	700 (1)
Bário Dissolvido	µg/L	25,00	< 10,0	23,90	35,90	226,00	32,30	15,80	55,60	24,20	36,00	77,30	11,70	15,60	75,40	700 (1)
Boro	µg/L	55,70	<b>922,80</b>	<b>530,00</b>	80,10	163,90	107,30	83,20	83,50	<b>514,90</b>	35,00	167,50	58,50	394,40	<b>2.037,00</b>	500 (1)
Boro Dissolvido	µg/L	17,30	<b>612,00</b>	<b>514,00</b>	72,70	151,00	97,50	73,40	73,40	<b>502,00</b>	33,90	155,00	51,80	377,00	<b>1.875,00</b>	500 (1)
Cádmio	µg/L	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	<b>35,80</b>	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	5 (1)
Cádmio Dissolvido	µg/L	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	<b>25,20</b>	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	5 (1)
Chumbo	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Chumbo Dissolvido	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Cobalto	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	<b>432,00</b>	< 5,00	< 5,00	< 5,00	18,60	70 (1)
Cobalto Dissolvido	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	<b>367,00</b>	< 5,00	< 5,00	< 5,00	17,60	70 (1)
Cobre	µg/L	< 9,00	< 9,00	25,50	< 9,00	24,20	< 9,00	18,30	< 9,00	< 9,00	77,70	< 9,00	14,00	< 9,00	19,30	2.000 (1)
Cobre Dissolvido	µg/L	< 9,00	< 9,00	20,50	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	14,50	2.000 (1)
Cromo	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	25,40	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	50 (1)
Cromo Dissolvido	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	50 (1)
Ferro	µg/L	< 30,0	75,10	268,90	162,40	194,00	701,00	142,60	320,40	751,50	<b>3.595,70</b>	65,90	287,70	<b>2.482,60</b>	986,70	2.450 (1)
Ferro Dissolvido	µg/L	< 30,0	< 30,0	121,00	47,80	96,00	662,00	46,30	57,90	143,00	<b>2.832,00</b>	52,00	47,80	473,00	142,00	2.450 (1)
Manganês	µg/L	356,60	< 10,0	39,60	< 10,0	<b>499,40</b>	44,60	13,00	215,00	<b>1.234,80</b>	<b>5.289,10</b>	86,70	41,20	111,40	<b>507,80</b>	400 (1)
Manganês Dissolvido	µg/L	152,00	< 10,0	< 10,0	< 10,0	<b>422,00</b>	< 10,0	< 10,0	195,00	<b>1.153,00</b>	<b>4.487,00</b>	< 10,0	< 10,0	< 10,0	358,00	400 (1)
Mercurio	µg/L	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	1 (1)
Mercurio Dissolvido	µg/L	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	1 (1)
Molibdênio	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	70 (1)
Molibdênio Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	70 (1)
Níquel	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	<b>26,50</b>	< 5,00	< 5,00	<b>974,60</b>	<b>37,10</b>	< 5,00	< 5,00	<b>55,20</b>	20 (1)
Níquel Dissolvido	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	<b>25,10</b>	< 5,00	< 5,00	<b>738,00</b>	<b>35,50</b>	< 5,00	< 5,00	<b>45,40</b>	20 (1)
Prata	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	50 (1)
Prata Dissolvido	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	50 (1)
Selênio	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Selênio Dissolvido	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Vanádio	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	50 (2)
Vanádio Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	50 (2)
Zinco	µg/L	78,80	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	<b>11.456,50</b>	226,30	< 70,0	< 70,0	486,10	1.050 (1)
Zinco Dissolvido	µg/L	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	<b>8.217,00</b>	134,00	< 70,0	< 70,0	321,00	1.050 (1)
Nitrato (como N)	µg/L	1.516,00	1.839,00	3.929,00	1.142,00	<b>295.942,00</b>	80,00	2.784,00	1.845,00	8.047,00	4.521,00	<b>11.858,00</b>	443,00	60,00	<b>156.945,00</b>	10.000 (1)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<b>2.300,00</b>	Ausência (2)
Bifenilas Policloradas Totais	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	3,5 (1)

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA N° 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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 N° 518/2004 do Ministério da Saúde, cujos valores foram atualizados pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA N° 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Poço de Monitoramento		PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07	PM-08	PM-10	PM-11	PM-12	PM-13	PM-14	PM-15	Valores de Referência
ID Laboratório		71348	73595	74314	74784	72557	69925	69926	74783	74318	70733	69927	70737	70736	74316	
Nº do Relatório de Ensaio		11073/2016	11371/2016	11493/2016	11541/2016	11262/2016	10887/2016	10887/2016	11541/2016	11493/2016	10969/2016	10887/2016	10969/2016	10969/2016	11493/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos														
Aldrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,03 (1.d)
Dieldrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,03 (1.d)
Endrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,60 (1)
DDD	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	1 (1.c)(1.**)
DDE	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	1 (1.c)(1.**)
DDT	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	1 (1.c)(1.**)
HCH Beta	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,07 (1)
HCH Gama (Lindano)	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	2 (1)
Antraceno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	900 (3)
Benzo(a)antraceno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	1,75 (1)
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	0,05 (2)
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	0,05 (5)
Benzo(a)pireno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	0,70 (1)
Criseno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	0,05 (2)
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	0,18 (1)
Fenantreno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	140 (1)
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	0,17 (1)
Naftaleno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	140 (1)
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	1.000 (1)
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	-
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	300 (1)
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	20 (1.a)
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	1,80 (3)
2-Clorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,4-Diclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
3,4-Diclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,4,5-Triclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	200 (1)
2,3,4,5-Tetraclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,3,4,6-Tetraclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
Pentaclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	9 (1)
Fenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	140 (1)
Dimetilftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	14 (1)
Di-n-Butilftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	600 (3)
Cresóis	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	7,43	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	175 (1)
Dietilxil ftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	8 (1)
Hexaclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	1 (1)
TPH Total	µg/L	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	600 (6)
Benzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	5 (1)

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA N° 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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 N° 518/2004 do Ministério da Saúde, cujos valores foram atualizados pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA N° 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Poço de Monitoramento		PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07	PM-08	PM-10	PM-11	PM-12	PM-13	PM-14	PM-15	Valores de Referência
ID Laboratório		71348	73595	74314	74784	72557	69925	69926	74783	74318	70733	69927	70737	70736	74316	
Nº do Relatório de Ensaio		11073/2016	11371/2016	11493/2016	11541/2016	11262/2016	10887/2016	10887/2016	11541/2016	11493/2016	10969/2016	10887/2016	10969/2016	10969/2016	11493/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos														
Cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	50 (1.b)
Cloreto de Metileno	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	20 (1)
Cloreto de Vinila	µg/L	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	2 (1.**)
Clorofórmio	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	200 (1)
1,1-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	280 (1)
1,1-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	30 (1)
1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	10 (1)
Estireno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1)
Etilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	300 (1)
Tetracloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	40 (1)
Tolueno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	700 (1)
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	280 (1)
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.a)
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.a)
Trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	50 (1.b)
Tetracloro de Carbono	µg/L	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	4 (1.**)
Tricloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.**)
Clorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	700 (1)
Xilenos	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	500 (1)
Berílio	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	4 (3)
Bismuto	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	-
Cálcio	µg/L	13.619,60	48.304,30	57.206,50	114.891,30	407.934,80	74.054,30	7.317,40	8.039,60	72.706,50	25.478,30	12.804,30	4.842,40	48.663,00	72.108,70	-
Estrôncio	µg/L	< 10,0	< 10,0	184,80	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	188,30	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	158,90	12.000 (4)
Estrôncio	µg/L	90,00	256,50	266,10	284,70	715,50	186,00	29,80	56,60	242,50	763,00	46,40	18,90	216,40	264,10	12.000 (4)
Enxofre	µg/L	24.032,60	34.337,00	64.239,10	7.326,00	135.326,10	49.782,60	14.326,10	5.007,80	89.630,40	60.489,10	29.652,20	9.695,70	16.304,30	96.065,20	-
Fósforo	µg/L	< 20,0	5.703,30	593,60	< 20,0	< 20,0	38,40	< 20,0	< 20,0	89,50	79,50	< 20,0	76,50	920,80	64,00	-
Ítrio	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	-
Lítio	µg/L	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	2.500 (2)
Magnésio	µg/L	6.568,50	12.649,80	5.877,20	5.421,60	6.525,80	4.454,30	1.333,70	1.261,80	10.632,60	23.739,10	3.559,80	817,50	3.587,00	6.605,40	-
Potássio	µg/L	4.329,30	43.000,00	21.358,70	8.861,10	139.782,60	7.520,70	3.053,30	1.461,00	65.739,10	6.914,10	23.554,30	7.850,00	38.228,30	127.391,30	-
Sódio	µg/L	8.021,70	39.673,90	35.652,20	8.660,30	<b>475.869,60</b>	25.260,90	6.907,60	7.763,00	90.673,90	12.271,70	14.967,40	7.216,30	9.000,00	<b>250.000,00</b>	200.000 (3)
Tálio	µg/L	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	0,2 (4)
Titânio	µg/L	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	-

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA N° 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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 N° 518/2004 do Ministério da Saúde, cujos valores foram atualizados pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA N° 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Poço de Monitoramento		PM-16	PM-17	PM-18	PM-19	PM-20	PM-21	PM-22	PM-24	PM-25	PM-26	Valores de Referência
ID Laboratório		72558	72559	73597	73598	72556	70738	71349	71350	73596	73599	
Nº do Relatório de Ensaio		11262/2016	11262/2016	11371/2016	11371/2016	11262/2016	10969/2016	11073/2016	11073/2016	11371/2016	11371/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos										
Alumínio	µg/L	341,90	4.713,90	27.227,00	764,80	< 30,0	< 30,0	67,40	< 30,0	78,60	5.324,40	3.500 (1)
Alumínio Dissolvido	µg/L	175,00	4.118,00	15.924,00	< 30,0	< 30,0	< 30,0	59,20	< 30,0	74,60	1.766,00	3.500 (1)
Antimônio	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	5 (1)
Antimônio Dissolvido	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	5 (1)
Arsênio	µg/L	< 10,0	< 10,0	188,40	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	10 (1)
Arsênio Dissolvido	µg/L	< 10,0	< 10,0	140,00	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	10 (1)
Bário	µg/L	29,70	32,00	< 10,0	< 10,0	12,30	< 10,0	17,00	< 10,0	< 10,0	14,10	700 (1)
Bário Dissolvido	µg/L	27,90	31,20	< 10,0	< 10,0	11,80	< 10,0	13,50	< 10,0	< 10,0	< 10,0	700 (1)
Boro	µg/L	232,70	70,70	70,80	292,30	416,10	86,70	526,40	535,00	29,40	< 15,0	500 (1)
Boro Dissolvido	µg/L	212,00	68,80	54,50	238,00	398,00	84,50	486,00	438,00	< 15,0	< 15,0	500 (1)
Cádmio	µg/L	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	5 (1)
Cádmio Dissolvido	µg/L	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	5 (1)
Chumbo	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Chumbo Dissolvido	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Cobalto	µg/L	13,90	< 5,00	16,60	< 5,00	< 5,00	< 5,00	14,30	< 5,00	< 5,00	< 5,00	70 (1)
Cobalto Dissolvido	µg/L	12,30	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	13,30	< 5,00	< 5,00	< 5,00	70 (1)
Cobre	µg/L	< 9,00	17,00	21,40	< 9,00	< 9,00	< 9,00	48,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	2.000 (1)
Cobre Dissolvido	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	40,80	< 9,00	< 9,00	< 9,00	2.000 (1)
Cromo	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	271,20	50 (1)
Cromo Dissolvido	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	244,00	50 (1)
Ferro	µg/L	6.197,50	293,30	21.024,50	160,70	95,50	< 30,0	< 30,0	< 30,0	82,80	404.944,50	2.450 (1)
Ferro Dissolvido	µg/L	5.966,00	123,00	15.500,00	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	303.370,00	2.450 (1)
Manganês	µg/L	791,00	123,90	904,20	1.075,50	51,50	24,20	492,70	< 10,0	< 10,0	6.134,90	400 (1)
Manganês Dissolvido	µg/L	639,00	< 10,0	687,00	875,00	< 10,0	< 10,0	452,00	< 10,0	< 10,0	5.551,00	400 (1)
Mercurio	µg/L	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	1 (1)
Mercurio Dissolvido	µg/L	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	1 (1)
Molibdênio	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	70 (1)
Molibdênio Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	70 (1)
Níquel	µg/L	< 5,00	15,30	27,80	< 5,00	< 5,00	< 5,00	24,20	< 5,00	< 5,00	< 5,00	20 (1)
Níquel Dissolvido	µg/L	< 5,00	< 5,00	26,70	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	20 (1)
Prata	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	50 (1)
Prata Dissolvido	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	50 (1)
Selênio	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Selênio Dissolvido	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Vanádio	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	50 (2)
Vanádio Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	50 (2)
Zinco	µg/L	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	848,60	< 70,0	< 70,0	< 70,0	1.050 (1)
Zinco Dissolvido	µg/L	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	769,00	< 70,0	< 70,0	< 70,0	1.050 (1)
Nitrato (como N)	µg/L	68,00	2.713,00	< 15,0	8.826,00	332,00	1.628,00	91.347,00	2.996,00	959,00	< 15,0	10.000 (1)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<1	<1	<1	390,00	<1	<1	<1	<1	54.000,00	<1	Ausência (2)
Bifenilas Policloradas Totais	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	3,5 (1)

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA N° 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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 N° 518/2004 do Ministério da Saúde, cujos valores foram atualizados pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA N° 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Poço de Monitoramento		PM-16	PM-17	PM-18	PM-19	PM-20	PM-21	PM-22	PM-24	PM-25	PM-26	Valores de Referência
ID Laboratório		72558	72559	73597	73598	72556	70738	71349	71350	73596	73599	
Nº do Relatório de Ensaio		11262/2016	11262/2016	11371/2016	11371/2016	11262/2016	10969/2016	11073/2016	11073/2016	11371/2016	11371/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos										
Aldrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,03 (1.d)
Dieldrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,03 (1.d)
Endrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,60 (1)
DDD	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	1 (1.c) (1.**)
DDE	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	1 (1.c) (1.**)
DDT	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	1 (1.c) (1.**)
HCH Beta	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,07 (1)
HCH Gama (Lindano)	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	2 (1)
Antraceno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	900 (3)
Benzo(a)antraceno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	1,75 (1)
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	0,05 (2)
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	0,05 (5)
Benzo(a)pireno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	0,70 (1)
Criseno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	0,05 (2)
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,5000	0,18 (1)
Fenantreno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	140 (1)
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,7500	0,17 (1)
Naftaleno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	140 (1)
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	1.000 (1)
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	-
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	300 (1)
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	20 (1.a)
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	1,80 (3)
2-Clorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	10,50 (1)
2,4-Diclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	10,50 (1)
3,4-Diclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	10,50 (1)
2,4,5-Triclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	10,50 (1)
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	200 (1)
2,3,4,5-Tetraclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	10,50 (1)
2,3,4,6-Tetraclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	10,50 (1)
Pentaclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	9 (1)
Fenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	140 (1)
Dimetilftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	14 (1)
Di-n-Butilftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	600 (3)
Cresóis	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	175 (1)
Dietilxil ftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	8 (1)
Hexaclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 1,50	1 (1)
TPH Total	µg/L	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	600 (6)
Benzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	5 (1)

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA N° 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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 N° 518/2004 do Ministério da Saúde, cujos valores foram atualizados pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA N° 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Poço de Monitoramento		PM-16	PM-17	PM-18	PM-19	PM-20	PM-21	PM-22	PM-24	PM-25	PM-26	Valores de Referência
ID Laboratório		72558	72559	73597	73598	72556	70738	71349	71350	73596	73599	
Nº do Relatório de Ensaio		11262/2016	11262/2016	11371/2016	11371/2016	11262/2016	10969/2016	11073/2016	11073/2016	11371/2016	11371/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos										
Cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	50 (1.b)
Cloreto de Metileno	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	20 (1)
Cloreto de Vinila	µg/L	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	2 (1.**)
Clorofórmio	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	200 (1)
1,1-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	280 (1)
1,1-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	30 (1)
1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	10 (1)
Estireno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1)
Etilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	300 (1)
Tetracloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	40 (1)
Tolueno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	700 (1)
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	280 (1)
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.a)
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.a)
Trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	50 (1.b)
Tetracloro de Carbono	µg/L	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	4 (1.**)
Tricloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.**)
Clorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	700 (1)
Xilenos	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	500 (1)
Berílio	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	4 (3)
Bismuto	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	-
Cálcio	µg/L	127.934,80	196.413,00	247.673,90	587.173,90	508.587,00	98.097,80	67.565,20	109.891,30	21.228,30	2.025.108,70	-
Estanho	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	12.000 (4)
Estrôncio	µg/L	525,20	109,30	1.109,70	2.438,90	1.434,20	449,60	573,70	693,00	149,90	7.725,80	12.000 (4)
Enxofre	µg/L	57.826,10	155.108,70	197.337,00	374.576,10	456.956,50	18.619,60	6.581,50	61.184,80	3.540,30	1.069.021,70	-
Fósforo	µg/L	314,10	151,50	129.695,70	210,30	21,70	43,70	4.232,60	368,00	254,80	398.478,30	-
Ítrio	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	-
Lítio	µg/L	< 20,0	< 20,0	36,00	65,70	60,20	< 20,0	< 20,0	38,40	< 20,0	58,40	2.500 (2)
Magnésio	µg/L	7.424,90	2.462,40	4.998,80	52.973,10	17.717,40	19.847,80	9.727,20	35.663,00	2.900,70	82.717,40	-
Potássio	µg/L	25.434,80	6.494,00	24.608,70	22.815,20	143.695,70	9.875,00	68.641,30	18.902,20	5.724,30	366.413,00	-
Sódio	µg/L	170.760,90	12.826,10	83.489,10	68.956,50	192.065,20	10.555,40	9.326,10	14.500,00	11.344,70	<b>215.760,90</b>	200.000 (3)
Tálio	µg/L	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	<b>93,30</b>	< 20,0	< 20,0	< 20,0	0,2 (4)
Titânio	µg/L	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	-

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA Nº 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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, cujos valores foram atualizados pela Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA Nº 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB Nº 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB Nº 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Poço de Monitoramento		PM-27	PM-28	PM-29	PM-30	PM-31	PM-31 (Réplica)	PM-32	PM-33	PM-34	PM-35	PM-36	PM-37	PM-38	Valores de Referência
ID Laboratório		77453	77452	77454	77455	76746	76747	78001	76745	76257	76255	76254	76256	76748	
Nº do Relatório de Ensaio		11888/2016	11888/2016	11888/2016	11888/2016	11799/2016	11799/2016	12049/2016	11799/2016	11713/2016	11713/2016	11713/2016	11713/2016	11799/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos													
Alumínio	µg/L	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	1.424,00	1.410,70	<b>29.361,90</b>	2.786,10	<b>21.276,30</b>	<b>29.701,80</b>	2.399,80	<b>8.401,10</b>	<b>10.010,90</b>	3.500 (1)
Antimônio	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	5 (1)
Arsênio	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	10 (1)
Bário	µg/L	13,60	67,20	70,10	52,90	48,90	44,00	558,80	166,80	50,60	25,70	41,40	146,40	114,30	700 (1)
Boro	µg/L	<b>673,00</b>	475,70	231,40	167,30	<b>570,90</b>	<b>610,50</b>	< 15,0	31,40	25,20	90,60	47,20	50,50	486,90	500 (1)
Cádmio	µg/L	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	<b>43,60</b>	< 4,00	< 4,00	< 4,00	5 (1)
Chumbo	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	<b>77,50</b>	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Cobalto	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	12,30	< 5,00	< 5,00	37,50	25,60	<b>100,10</b>	50,00	< 5,00	11,50	10,50	70 (1)
Cobre	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	105,90	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	45,00	2.000 (1)
Cromo	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	50 (1)
Ferro	µg/L	329,60	136,50	140,70	<b>2.736,00</b>	511,80	558,20	839,10	262,30	903,40	<b>6.433,50</b>	<b>33.316,60</b>	103,70	<b>13.229,30</b>	2.450 (1)
Manganês	µg/L	<b>1.100,50</b>	219,70	< 10,0	<b>2.205,70</b>	253,30	257,80	<b>2.495,40</b>	<b>1.699,40</b>	<b>2.509,90</b>	<b>1.333,30</b>	< 10,0	<b>647,60</b>	<b>495,40</b>	400 (1)
Mercúrio	µg/L	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	1 (1)
Molibdênio	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	70 (1)
Níquel	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	17,90	14,00	10,80	<b>48,70</b>	<b>198,80</b>	<b>141,40</b>	< 5,00	<b>23,70</b>	<b>21,60</b>	20 (1)
Prata	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	50 (1)
Selênio	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Vanádio	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	50 (2)
Zinco	µg/L	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	316,70	321,50	225,70	253,10	<b>1.230,10</b>	<b>1.197,40</b>	< 70,0	< 70,0	< 70,0	1.050 (1)
Nitrato (como N)	µg/L	214,00	5.583,00	1.714,00	109,00	<b>274.986,00</b>	<b>269.937,00</b>	<b>13.108,00</b>	2.678,00	2.702,00	< 15,0	59,00	1.385,00	1.947,00	10.000 (1)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausência (2)
Bifenilas Policloradas Totais	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	3,5 (1)
Aldrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,03 (1.d)
Dieldrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,03 (1.d)
Endrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,60 (1)
DDD	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	1 (1.c) (1.**)
DDE	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	1 (1.c) (1.**)
DDT	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	1 (1.c) (1.**)
HCH Beta	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,07 (1)
HCH Gama (Lindano)	µg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	2 (1)
Antraceno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	900 (3)
Benzo(a)antraceno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	1,75 (1)
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	0,05 (2)
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	0,05 (5)
Benzo(a)pireno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	0,70 (1)
Criseno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	0,05 (2)
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	0,18 (1)
Fenantreno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	140 (1)
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	< 0,1500	0,17 (1)
Naftaleno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	140 (1)

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA N° 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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 N° 518/2004 do Ministério da Saúde, cujos valores foram atualizados pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA N° 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Poço de Monitoramento		PM-27	PM-28	PM-29	PM-30	PM-31	PM-31 (Réplica)	PM-32	PM-33	PM-34	PM-35	PM-36	PM-37	PM-38	Valores de Referência
ID Laboratório		77453	77452	77454	77455	76746	76747	78001	76745	76257	76255	76254	76256	76748	
Nº do Relatório de Ensaio		11888/2016	11888/2016	11888/2016	11888/2016	11799/2016	11799/2016	12049/2016	11799/2016	11713/2016	11713/2016	11713/2016	11713/2016	11799/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos													
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	1.000 (1)
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	-
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	300 (1)
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	20 (1.a)
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	1,80 (3)
2-Clorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,4-Diclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
3,4-Diclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,4,5-Triclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	200 (1)
2,3,4,5-Tetraclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,3,4,6-Tetraclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
Pentaclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	9 (1)
Fenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	140 (1)
Dimetilftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	14 (1)
Di-n-Butilftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	600 (3)
Cresóis	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	175 (1)
Dietilxil ftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	8 (1)
Hexaclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	< 0,3000	1 (1)
TPH Total	µg/L	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	< 435,0	600 (6)
Benzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	5 (1)
Cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	50 (1.b)
Cloreto de Metileno	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	20 (1)
Cloreto de Vinila	µg/L	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	2 (1.**)
Clorofórmio	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	200 (1)
1,1-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	280 (1)
1,1-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	30 (1)
1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	10 (1)
Estireno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1)
Etilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	300 (1)
Tetracloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	40 (1)
Tolueno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	700 (1)
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	280 (1)
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.a)
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.a)
Trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	50 (1.b)
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	4 (1.**)
Tricloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.**)
Clorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	700 (1)
Xilenos	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	500 (1)

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA Nº 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 µg/L; (1.d) Somatória para Aldrin e Dieldrin = 0,03 µg/L; (1.\*\*)

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA Nº 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB Nº 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB Nº 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Poço de Monitoramento		PM-27	PM-28	PM-29	PM-30	PM-31	PM-31 (Réplica)	PM-32	PM-33	PM-34	PM-35	PM-36	PM-37	PM-38	Valores de Referência
ID Laboratório		77453	77452	77454	77455	76746	76747	78001	76745	76257	76255	76254	76256	76748	
Nº do Relatório de Ensaio		11888/2016	11888/2016	11888/2016	11888/2016	11799/2016	11799/2016	12049/2016	11799/2016	11713/2016	11713/2016	11713/2016	11713/2016	11799/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos													
Berílio	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	4 (3)
Bismuto	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	-
Cálcio	µg/L	584.891,30	251.739,10	290.326,10	931.847,80	161.206,50	168.858,70	93.956,50	59.967,40	94.054,30	131.587,00	22.097,80	13.315,20	15.771,70	-
Estanho	µg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	12.000 (4)
Estrôncio	µg/L	2.681,30	1.222,90	1.297,70	2.160,60	577,40	601,40	311,40	246,10	485,00	564,50	292,60	125,40	109,90	12.000 (4)
Enxofre	µg/L	739.456,50	85.347,80	176.087,00	676.304,30	57.619,60	56.076,10	3.047,70	77.554,30	166.413,00	20.826,10	82.608,70	44.543,50	36.467,40	-
Fósforo	µg/L	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	3.399,90	3.604,40	< 20,0	< 20,0	< 20,0	113,00	< 20,0	< 20,0	4.328,30	-
Ítrio	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	-
Lítio	µg/L	169,20	47,80	< 20,0	47,40	26,40	25,90	< 20,0	48,10	77,00	155,70	< 20,0	69,70	< 20,0	2.500 (2)
Magnésio	µg/L	281.195,70	37.141,30	46.261,70	14.970,40	13.190,00	15.434,80	3.601,90	5.162,60	13.477,90	10.485,30	3.499,70	2.263,30	1.706,10	-
Potássio	µg/L	145.760,90	28.927,40	18.371,30	20.950,00	114.130,40	115.108,70	3.992,30	6.028,40	2.910,90	2.759,10	15.641,30	5.907,90	48.934,80	-
Sódio	µg/L	<b>215.760,90</b>	70.553,10	33.750,40	17.795,20	67.804,30	69.413,00	111.847,80	32.010,90	114.673,90	62.282,60	29.021,70	9.377,60	98.217,40	200.000 (3)
Tálio	µg/L	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	0,2 (4)
Titânio	µg/L	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	52,70	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	-

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA Nº 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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, cujos valores foram atualizados pela Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA Nº 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB Nº 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB Nº 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Identificação da Amostra	BRANCO DE VIAGEM-1	BRANCO DE VIAGEM-2	BRANCO DE VIAGEM-3	BRANCO DE VIAGEM-4	BRANCO DE VIAGEM-5	BRANCO DE VIAGEM-6	BRANCO DE VIAGEM-7	BRANCO DE VIAGEM-8	BRANCO DE VIAGEM-9	BRANCO DE VIAGEM-10	BRANCO DE VIAGEM-11	Valores de Referência
ID Laboratório	69924	70732	71347	72555	73594	74313	74782	76186	76744	77407	78000	
Nº do Relatório de Ensaio	10887/2016	10969/2016	11073/2016	11262/2016	11371/2016	11493/2016	11541/2016	11713/2016	11799/2016	11888/2016	12049/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos										
Diclorodifluorometano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	200 (4)
Clorometano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	190 (4)
Cloro de Vinila	µg/L	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	2 (1.**)
Cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	50 (1.b)
Bromometano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	7,50 (4)
Benzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	5 (1)
Cloro de Metileno	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	20 (1)
Cloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	21.000 (4)
Clorofórmio	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	200 (1)
Triclorofluorometano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	5.200 (4)
Acetona	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	14.000 (4)
1,1-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	280 (1)
1,1-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	30 (1)
Iodometano	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	-
Dissulfeto de Carbono	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	810 (4)
1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	10 (1)
Metil-t-butil-eter	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	14
Estireno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1)
Etilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	300 (1)
Acetato de Vinila	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	410 (4)
Tetracloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	40 (1)
Tolueno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	700 (1)
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	280 (1)
Trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	50 (1.b)
2-Butanona	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	5.600 (4)
Tetracloro de Carbono	µg/L	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	4 (1.**)
2,2-Dicloropropano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	-
Bromoclorometano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	83 (4)
Tricloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.**)
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.a)
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	20 (1.a)
Clorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	700 (1)
1,1-Dicloropropeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	-
1,2-Dicloropropano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	0,44 (4)
Dibromometano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	8,30 (4)
Bromodiclorometano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	0,13 (4)
2-Cloroetilvinil eter	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	-
Trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	-
4-Metil-2-Pentanona	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	6.300 (4)
Cis-1,3-Dicloropropeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	-
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	0,28 (4)

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA Nº 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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, cujos valores foram atualizados pela Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA Nº 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB Nº 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB Nº 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Identificação da Amostra		BRANCO DE VIAGEM-1	BRANCO DE VIAGEM-2	BRANCO DE VIAGEM-3	BRANCO DE VIAGEM-4	BRANCO DE VIAGEM-5	BRANCO DE VIAGEM-6	BRANCO DE VIAGEM-7	BRANCO DE VIAGEM-8	BRANCO DE VIAGEM-9	BRANCO DE VIAGEM-10	BRANCO DE VIAGEM-11	Valores de Referência
ID Laboratório		69924	70732	71347	72555	73594	74313	74782	76186	76744	77407	78000	
Nº do Relatório de Ensaio		10887/2016	10969/2016	11073/2016	11262/2016	11371/2016	11493/2016	11541/2016	11713/2016	11799/2016	11888/2016	12049/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos											
2-Hexanona	µg/L	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	38 (4)
1,3-Dicloropropano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	370 (4)
Dibromoclorometano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	0,87 (4)
1,2-Dibromoetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	0,0075 (4)
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	0,57 (4)
m,p-Xilenos	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	-
o-Xileno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	190 (4)
Bromoformio	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	3,30 (4)
Isopropilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	450 (4)
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	0,076 (4)
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	5,30 (4)
Bromobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	62 (4)
n-Propilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	660 (4)
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	120 (4)
2-Clorotolueno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	240 (4)
4-Clorotolueno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	250 (4)
terc-Butilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	690 (4)
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	15 (4)
sec-Butilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	2.000 (4)
p-Isopropiltolueno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	-
n-Butilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	1.000 (4)
1,2-Dibromo-3-Cloropropano	µg/L	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	0,00033 (4)

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA Nº 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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, cujos valores foram atualizados pela Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA Nº 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB Nº 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB Nº 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Poço de Monitoramento		BRANCO DE EQUIPAMENTO	BRANCO DE CAMPO	Valores de Referência
ID Laboratório		74315	74317	
Nº do Relatório de Ensaio		11493/2016	11493/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos		
Alumínio	µg/L	< 30,0	< 30,0	3.500 (1)
Alumínio Dissolvido	µg/L	< 30,0	< 30,0	3.500 (1)
Antimônio	µg/L	< 5,00	< 5,00	5 (1)
Antimônio Dissolvido	µg/L	< 5,00	< 5,00	5 (1)
Arsênio	µg/L	< 10,0	< 10,0	10 (1)
Arsênio Dissolvido	µg/L	< 10,0	< 10,0	10 (1)
Bário	µg/L	< 10,0	< 10,0	700 (1)
Bário Dissolvido	µg/L	< 10,0	< 10,0	700 (1)
Boro	µg/L	< 15,0	< 15,0	500 (1)
Boro Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	500 (1)
Cádmio	µg/L	< 4,00	< 4,00	5 (1)
Cádmio Dissolvido	µg/L	< 4,00	< 4,00	5 (1)
Chumbo	µg/L	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Chumbo Dissolvido	µg/L	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Cobalto	µg/L	< 5,00	< 5,00	70 (1)
Cobalto Dissolvido	µg/L	< 5,00	< 5,00	70 (1)
Cobre	µg/L	< 9,00	< 9,00	2.000 (1)
Cobre Dissolvido	µg/L	< 9,00	< 9,00	2.000 (1)
Cromo	µg/L	< 10,0	< 10,0	50 (1)
Cromo Dissolvido	µg/L	< 10,0	< 10,0	50 (1)
Ferro	µg/L	< 30,0	< 30,0	2.450 (1)
Ferro Dissolvido	µg/L	< 30,0	< 30,0	2.450 (1)
Manganês	µg/L	< 10,0	< 10,0	400 (1)
Manganês Dissolvido	µg/L	< 10,0	< 10,0	400 (1)
Mercúrio	µg/L	< 0,200	< 0,200	1 (1)
Mercúrio Dissolvido	µg/L	< 0,200	< 0,200	1 (1)
Molibdênio	µg/L	< 15,0	< 15,0	70 (1)
Molibdênio Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	70 (1)
Níquel	µg/L	< 5,00	< 5,00	20 (1)
Níquel Dissolvido	µg/L	< 5,00	< 5,00	20 (1)
Prata	µg/L	< 5,00	< 5,00	50 (1)
Prata Dissolvido	µg/L	< 5,00	< 5,00	50 (1)
Selênio	µg/L	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Selênio Dissolvido	µg/L	< 9,00	< 9,00	10 (1)
Vanádio	µg/L	< 15,0	< 15,0	50 (2)
Vanádio Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	50 (2)
Zinco	µg/L	< 70,0	< 70,0	1.050 (1)
Zinco Dissolvido	µg/L	< 70,0	< 70,0	1.050 (1)
Nitrato (como N)	µg/L	< 15,0	< 15,0	10.000 (1)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<1	<1	Ausência (2)
Bifenilas Policloradas Totais	µg/L	< 0,003	< 0,003	3,5 (1)

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA N° 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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 N° 518/2004 do Ministério da Saúde, cujos valores foram atualizados pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA N° 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Poço de Monitoramento		BRANCO DE EQUIPAMENTO	BRANCO DE CAMPO	Valores de Referência
ID Laboratório		74315	74317	
Nº do Relatório de Ensaio		11493/2016	11493/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos		
Aldrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	0,03 (1.d)
Dieldrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	0,03 (1.d)
Endrin	µg/L	< 0,003	< 0,003	0,60 (1)
DDD	µg/L	< 0,003	< 0,003	1 (1.c) (1.**)
DDE	µg/L	< 0,003	< 0,003	1 (1.c) (1.**)
DDT	µg/L	< 0,003	< 0,003	1 (1.c) (1.**)
HCH Beta	µg/L	< 0,003	< 0,003	0,07 (1)
HCH Gama (Lindano)	µg/L	< 0,003	< 0,003	2 (1)
Antraceno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	900 (3)
Benzo(a)antraceno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	1,75 (1)
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	0,05 (2)
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	0,05 (5)
Benzo(a)pireno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	0,70 (1)
Criseno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	0,05 (2)
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	< 0,1000	< 0,1000	0,18 (1)
Fenantreno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	140 (1)
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	< 0,1500	< 0,1500	0,17 (1)
Naftaleno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	140 (1)
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	1.000 (1)
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	-
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	300 (1)
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	20 (1.a)
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	1,80 (3)
2-Clorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,4-Diclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
3,4-Diclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,4,5-Triclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	200 (1)
2,3,4,5-Tetraclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
2,3,4,6-Tetraclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	10,50 (1)
Pentaclorofenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	9 (1)
Fenol	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	140 (1)
Dimetilftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	14 (1)
Di-n-Butilftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	600 (3)
Cresóis	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	175 (1)
Dietilxil ftalato	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	8 (1)
Hexaclorobenzeno	µg/L	< 0,3000	< 0,3000	1 (1)
TPH Total	µg/L	< 435,0	< 435,0	600 (6)
Benzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	5 (1)

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA N° 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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 N° 518/2004 do Ministério da Saúde, cujos valores foram atualizados pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA N° 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014. (4) Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”) da USEPA (2016). (5) Intervention Value (VROM, 2009). (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea (continuação)

Poço de Monitoramento		BRANCO DE EQUIPAMENTO	BRANCO DE CAMPO	Valores de Referência
ID Laboratório		74315	74317	
Nº do Relatório de Ensaio		11493/2016	11493/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos		
Cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	50 (1.b)
Cloreto de Metileno	µg/L	< 15,0	< 15,0	20 (1)
Cloreto de Vinila	µg/L	< 1,50	< 1,50	2 (1.**)
Clorofórmio	µg/L	< 3,00	< 3,00	200 (1)
1,1-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	280 (1)
1,1-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	30 (1)
1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	10 (1)
Estireno	µg/L	< 3,00	< 3,00	20 (1)
Etilbenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	300 (1)
Tetracloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	40 (1)
Tolueno	µg/L	< 3,00	< 3,00	700 (1)
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	280 (1)
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	20 (1.a)
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	20 (1.a)
Trans-1,2-Dicloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	50 (1.b)
Tetracloro de Carbono	µg/L	< 1,50	< 1,50	4 (1.**)
Tricloroetano	µg/L	< 3,00	< 3,00	20 (1.**)
Clorobenzeno	µg/L	< 3,00	< 3,00	700 (1)
Xilenos	µg/L	< 3,00	< 3,00	500 (1)
Berílio	µg/L	< 10,0	< 10,0	4 (3)
Bismuto	µg/L	< 10,0	< 10,0	-
Cálcio	µg/L	< 30,0	< 30,0	-
Estanho	µg/L	< 10,0	< 10,0	12.000 (4)
Estrôncio	µg/L	< 10,0	< 10,0	12.000 (4)
Enxofre	µg/L	< 200,0	< 200,0	-
Fósforo	µg/L	< 20,0	< 20,0	-
Ítrio	µg/L	< 9,00	< 9,00	-
Lítio	µg/L	< 20,0	< 20,0	2.500 (2)
Magnésio	µg/L	< 30,0	< 30,0	-
Potássio	µg/L	< 50,0	< 50,0	-
Sódio	µg/L	< 30,0	< 30,0	200.000 (3)
Tálio	µg/L	< 20,0	< 20,0	0,2 (4)
Titânio	µg/L	< 20,0	< 20,0	-

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

(1) Valor de Investigação da Resolução CONAMA N° 420/2009; (1.a) Somatória para Triclorobenzenos = 20 µg/L; (1.b) Somatória para 1,2 Dicloroetenos = 50 µg/L; (1.c) Somatória para DDT-DDD-DDE = 1 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 N° 518/2004 do Ministério da Saúde, cujos valores foram atualizados pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

(2) Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA N° 396/2008. (3) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 045/2014. (4) *Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E-06, HQ=1”)* da USEPA (2016). (5) *Intervention Value (VROM, 2009)*. (6) Valor de Intervenção da Decisão de Diretoria CETESB N° 010/2006. (-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.



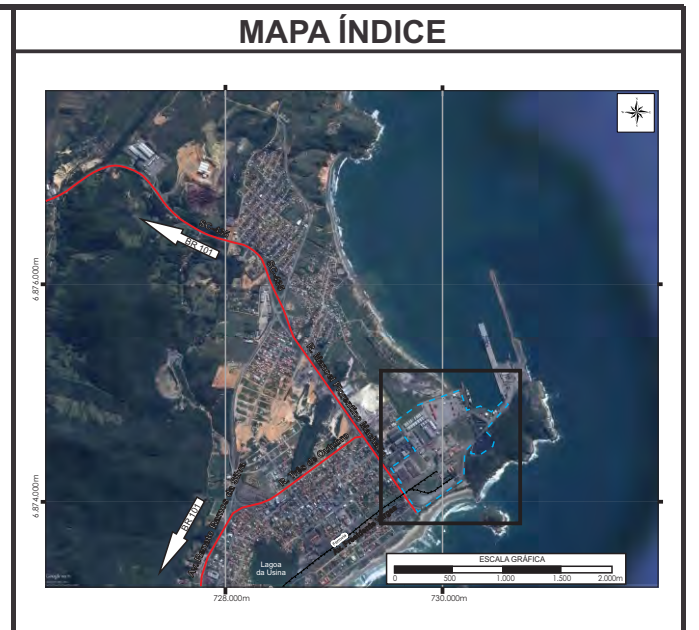
**Tabela 17: Resultados do monitoramento *in-situ* dos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas**

Poço de Monitoramento	Parâmetros Físico-Químicos <sup>(1)</sup>						
	Temperatura (°C)	Condutividade Elétrica (µS/cm)	pH	Potencial Redox (mV)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Turbidez (NTU)	Salinidade (PSU)
PM-01	22,31	407,00	4,01	410,20	2,29	1,72	0,19
PM-02	22,03	538,00	6,55	144,70	1,81	3,09	0,26
PM-03	23,00	547,00	5,47	182,00	1,14	19,20	0,26
PM-04	22,40	459,00	6,38	120,00	2,79	6,38	0,22
PM-05	21,32	2.273,00	5,10	261,30	1,29	3,90	1,17
PM-06	22,42	413,00	4,81	208,00	1,05	63,60	0,20
PM-07	22,88	152,00	3,83	438,00	4,11	30,20	0,07
PM-08	22,99	116,00	4,46	343,20	1,86	31,10	0,05
PM-09	-	-	-	-	-	-	-
PM-10	23,02	1.201,00	5,76	181,70	0,83	120,00	0,60
PM-11	21,40	2.412,00	3,52	390,70	0,38	40,10	1,24
PM-12	23,09	359,00	3,76	436,60	1,79	26,20	0,17
PM-13	23,93	94,00	4,70	357,00	4,21	61,90	0,04
PM-14	23,96	637,00	6,31	116,60	0,40	48,30	0,31
PM-15	24,70	2.039,00	4,24	367,60	0,84	286,00	1,04
PM-16	23,42	917,00	6,32	-5,30	0,90	32,40	0,45
PM-17	23,51	755,00	3,83	433,40	1,92	51,20	0,37
PM-18	22,33	16,80	4,78	-68,40	0,95	59,30	0,85
PM-19	22,73	2.601,00	6,70	38,40	0,88	3,22	1,34
PM-20	23,65	2.117,00	7,22	97,10	2,70	28,00	1,08
PM-21	23,10	473,00	7,42	181,70	2,90	5,73	0,23
PM-22	23,12	1.073,00	5,45	242,70	0,92	10,90	0,53
PM-23	-	-	-	-	-	-	-
PM-24	22,56	960,00	7,22	203,20	2,91	2,79	0,47
PM-25	21,98	187,00	7,66	88,10	2,17	28,60	0,09
PM-26	22,72	7.883,00	4,68	-202,40	3,13	409,00	4,39
PM-27	22,74	3.516,00	6,82	0,80	2,13	0,96	1,85
PM-28	23,86	1.465,00	6,99	93,80	2,04	14,60	0,73
PM-29	23,05	1.245,00	7,00	101,90	2,63	17,70	0,62
PM-30	22,33	2.503,00	6,51	-83,90	2,07	4,20	1,34
PM-31	24,02	2.304,00	5,78	224,60	1,99	152,00	1,18
PM-32	21,66	503,00	6,58	149,20	4,97	562,00	0,24
PM-33	22,94	473,00	4,71	325,60	2,71	50,10	0,22
PM-34	23,47	1.056,00	4,01	410,10	1,90	122,00	0,51
PM-35	24,34	1.536,00	3,27	71,80	2,13	5,92	0,77
PM-36	23,18	523,00	3,61	65,50	1,96	13,50	0,25
PM-37	22,90	333,00	3,71	452,60	2,70	9,70	0,16
PM-38	22,77	496,00	5,42	114,50	2,10	972,00	0,24

Fonte: Planilhas de Campo (ANEXO 6)

<sup>(1)</sup> Valores estabilizados. (-) Dado inexistente (poço não amostrado).





- ### LEGENDA
- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
  - PM-XX Poço de monitoramento amostrado
  - PM-XX Poço de monitoramento não amostrado (volume de água insuficiente para a coleta)

Ponto de Coleta	Concentração
Compostos	Resultados acima dos valores de referência

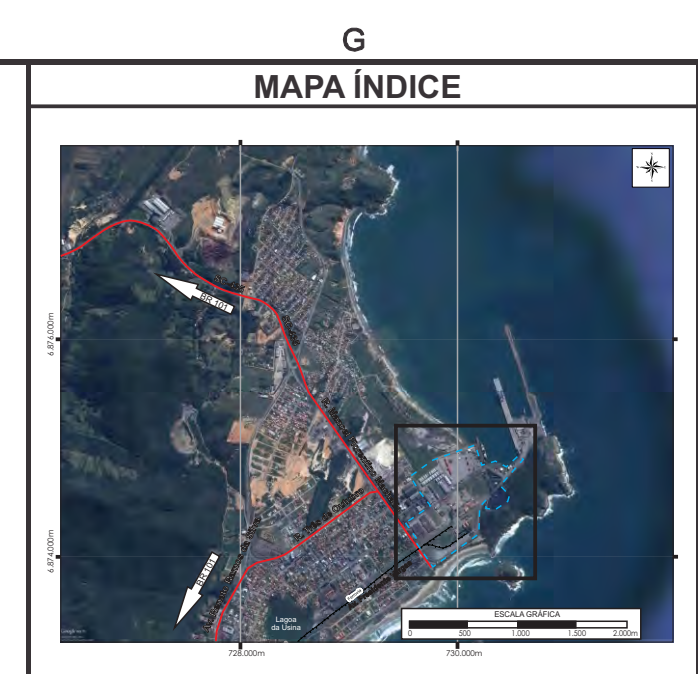
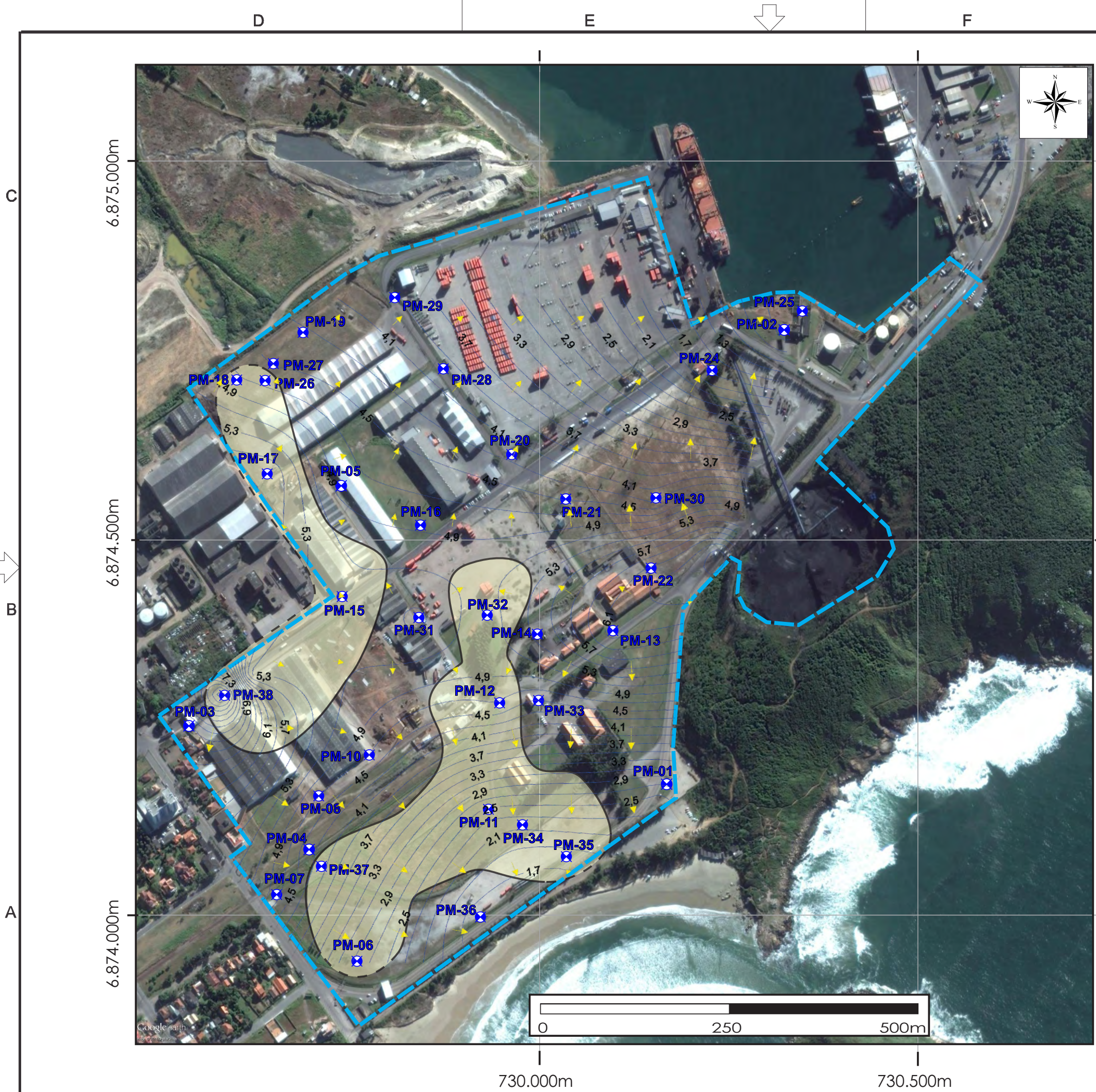
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE CONTAMINAÇÃO EM ÁGUA SUBTERRÂNEA ACIMA DOS VALORES DE REFERÊNCIA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1







### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

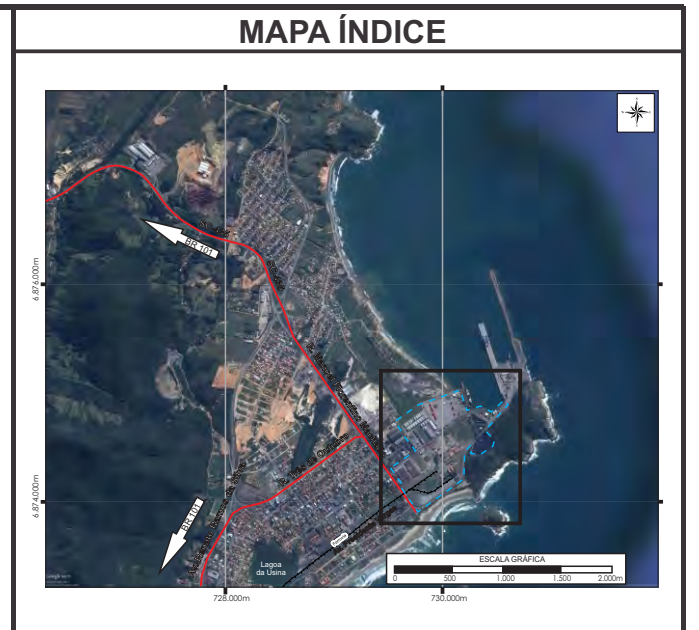
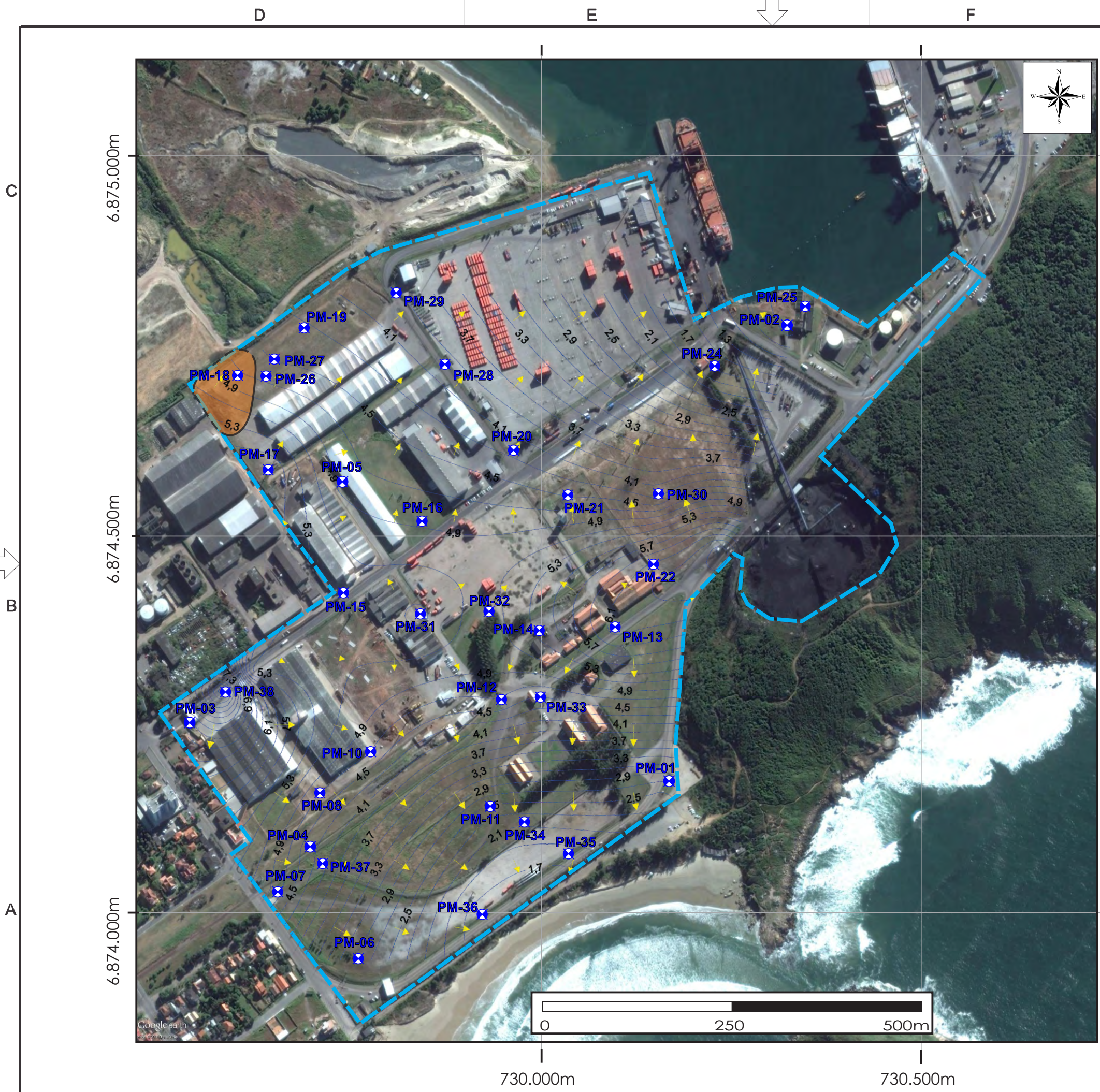
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE ALUMÍNIO TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO	FOLHA 1 de 1		

**FIGURA 23**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

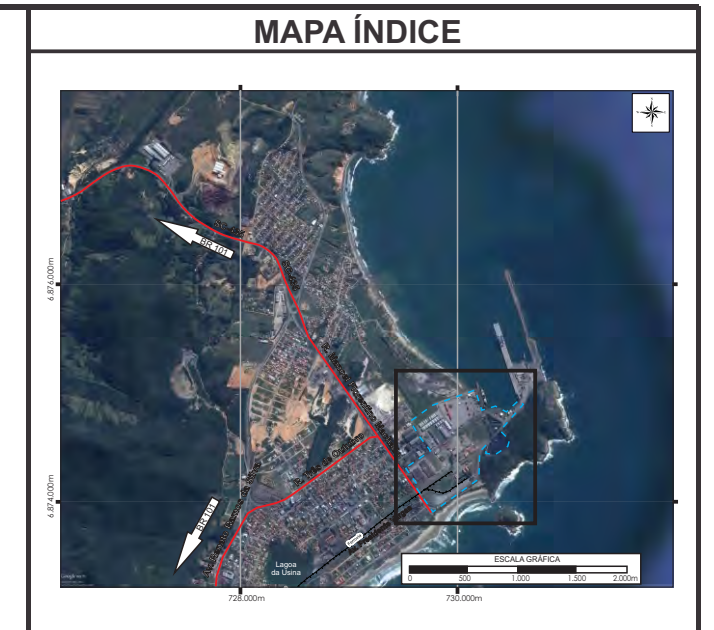
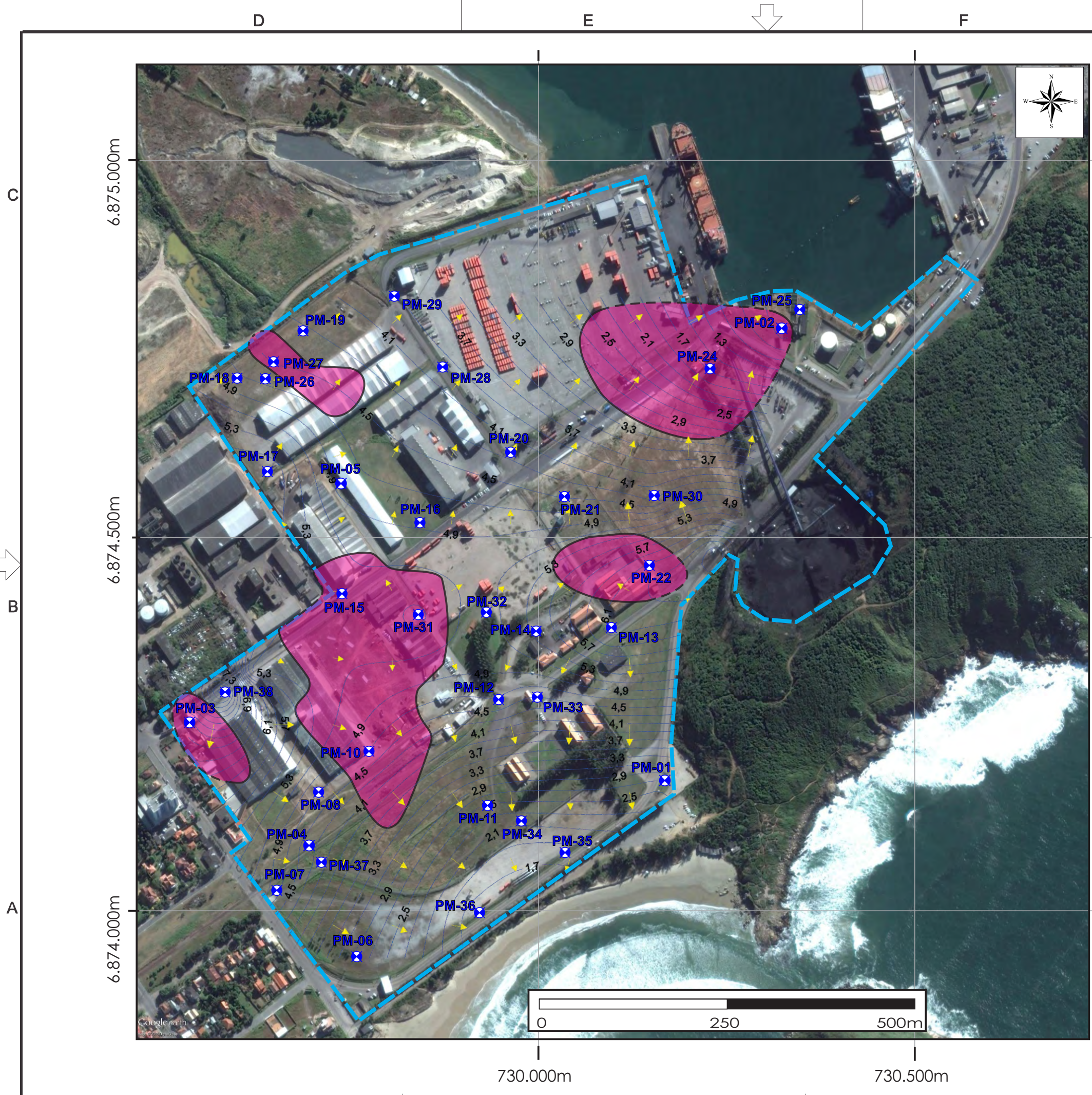
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE ARSÊNIO TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 24**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

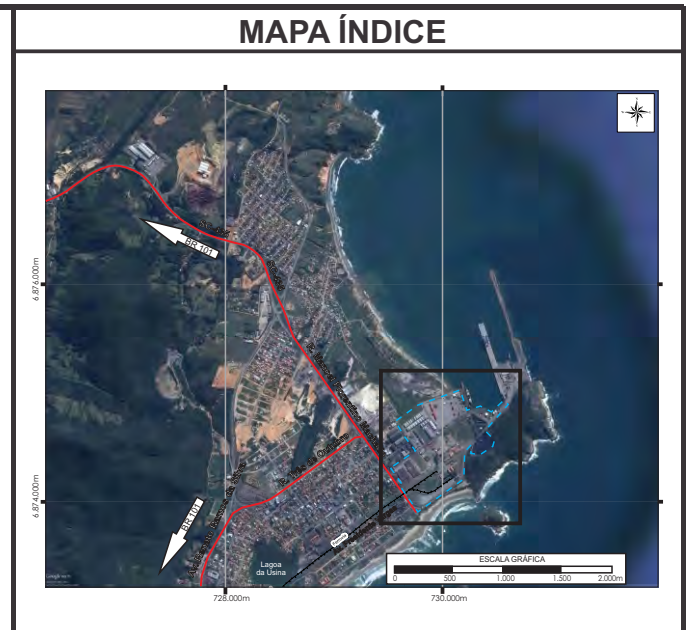
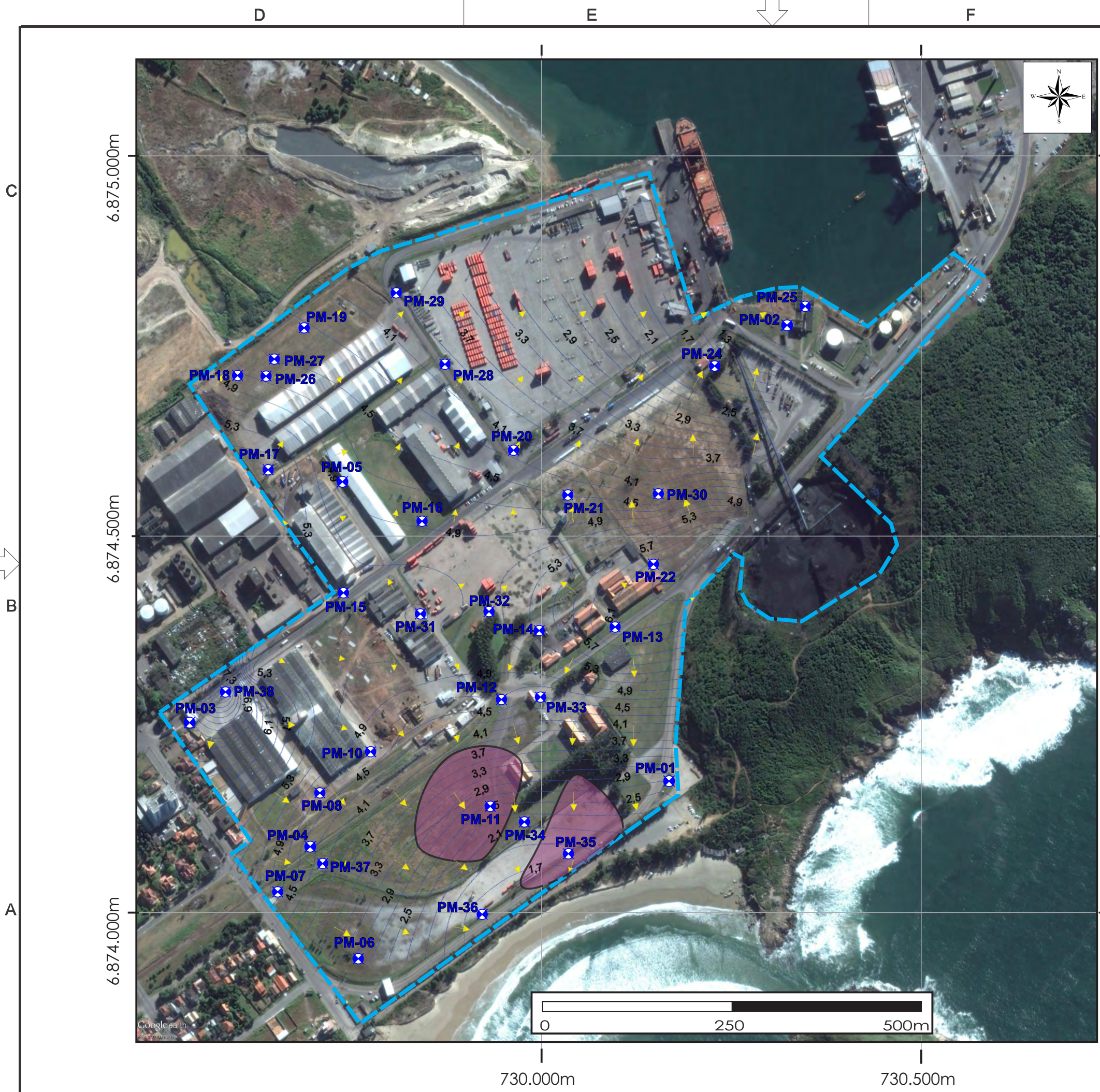
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE BORO TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 25**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

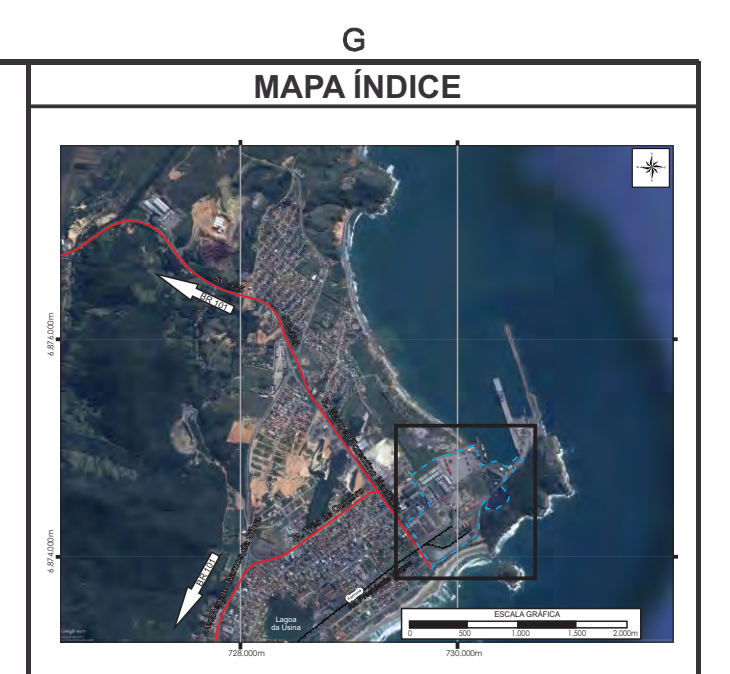
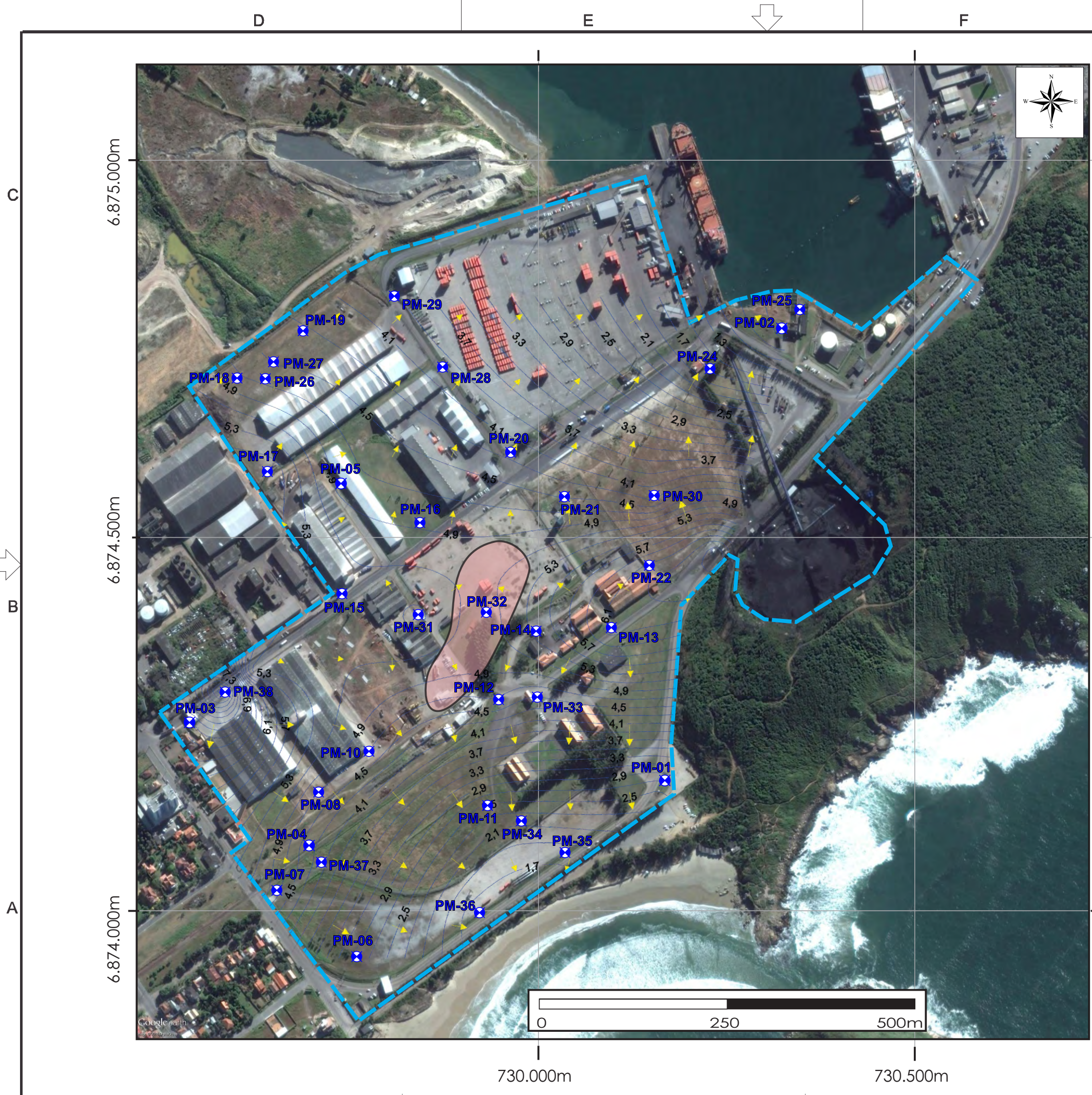
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE CÂDMIO TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 26**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

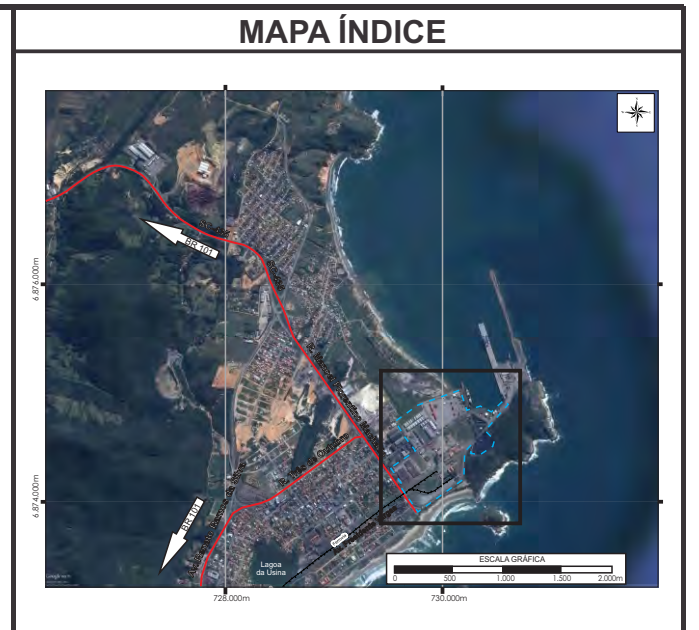
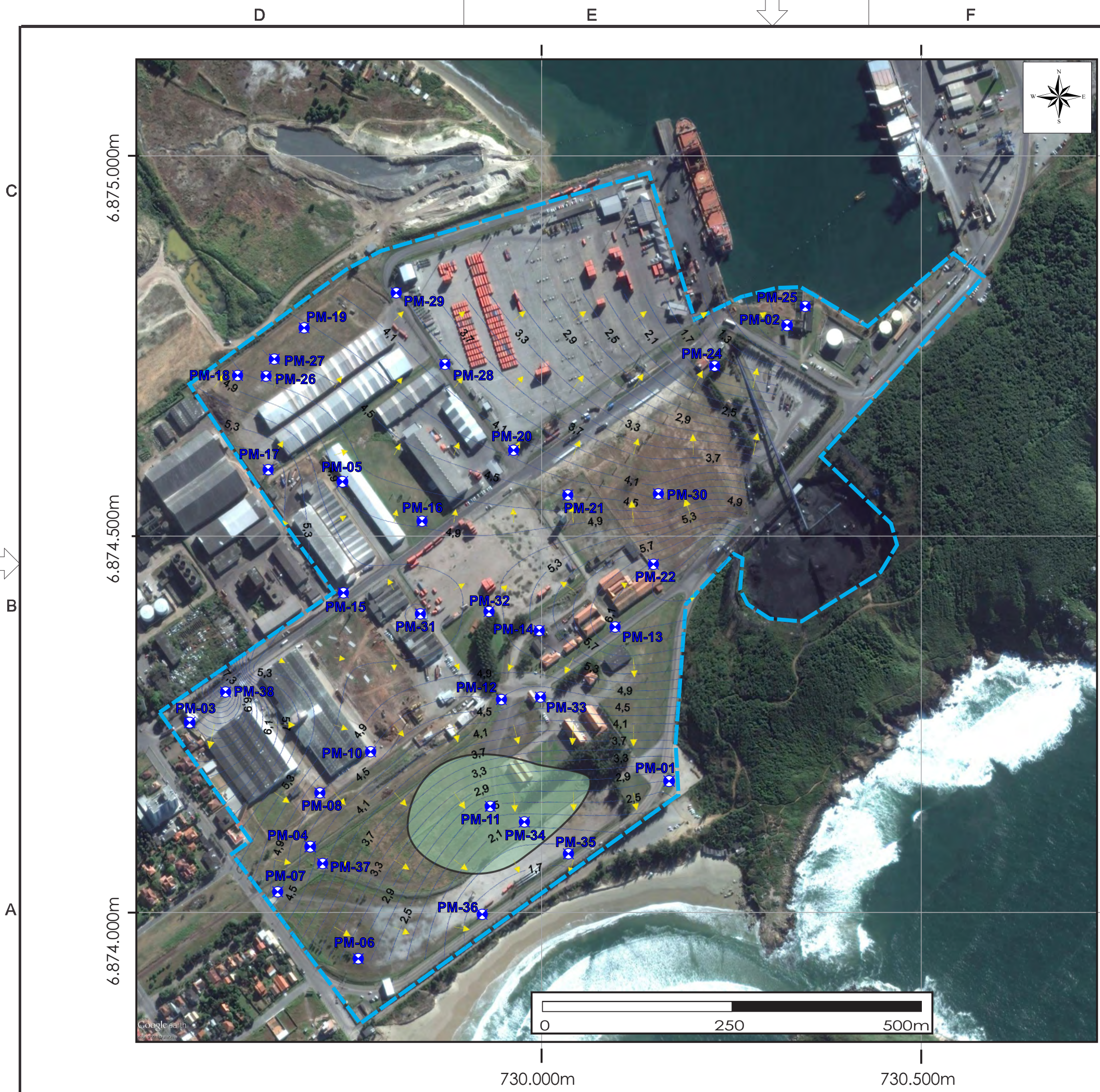
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE CHUMBO TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 27**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

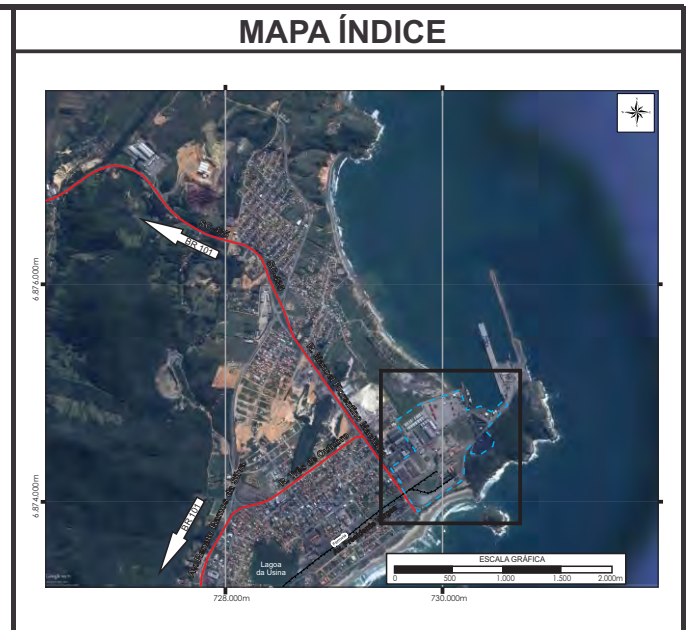
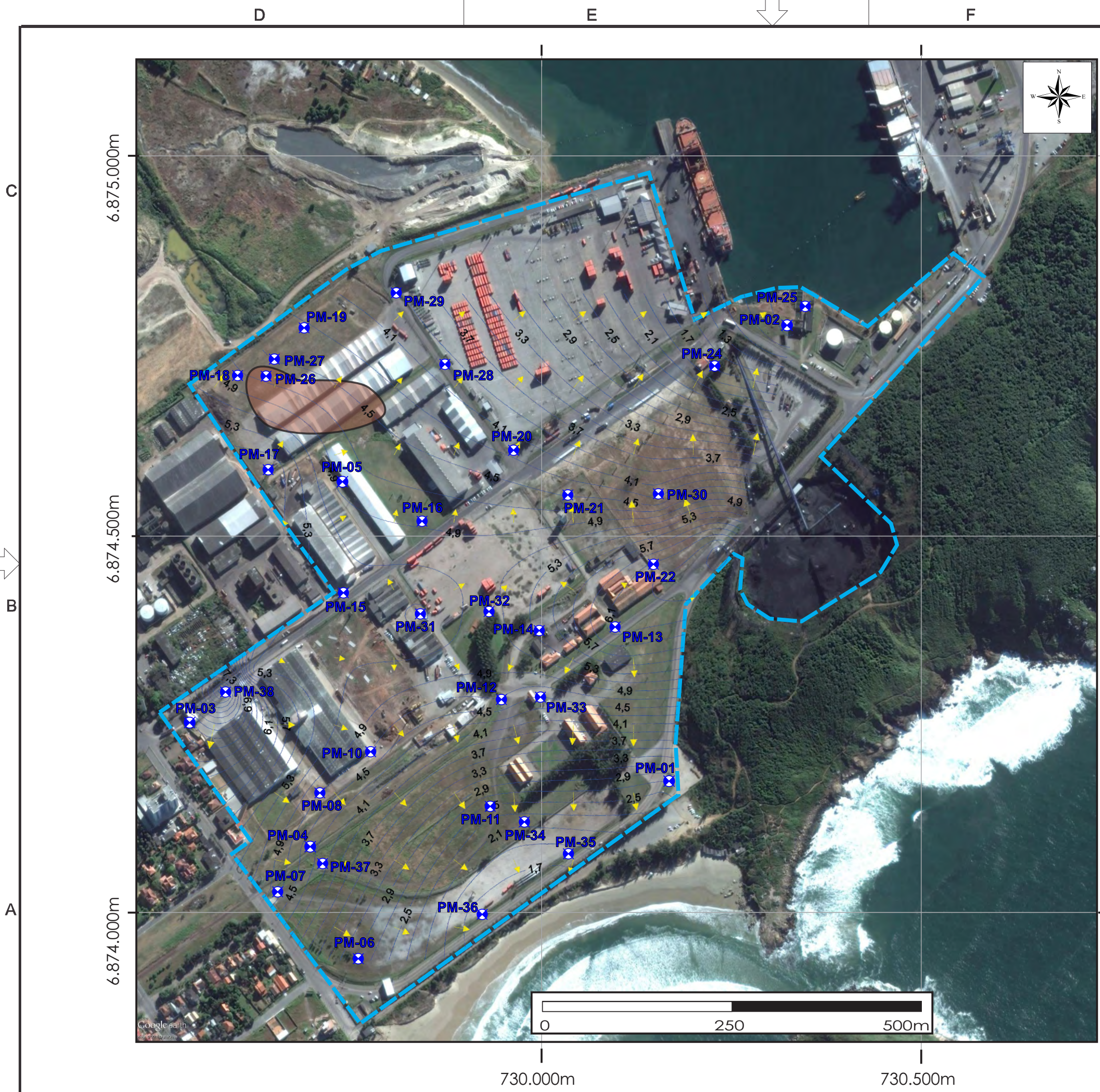
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE COBALTO TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 28**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

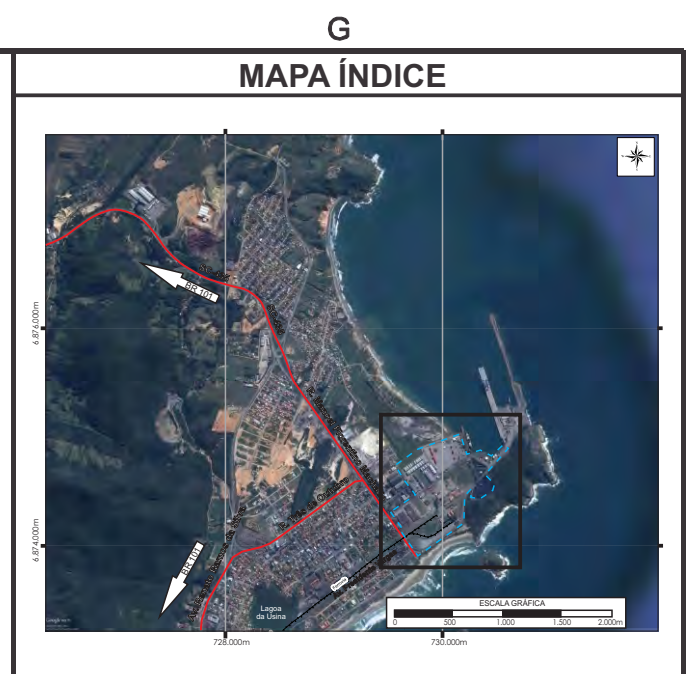
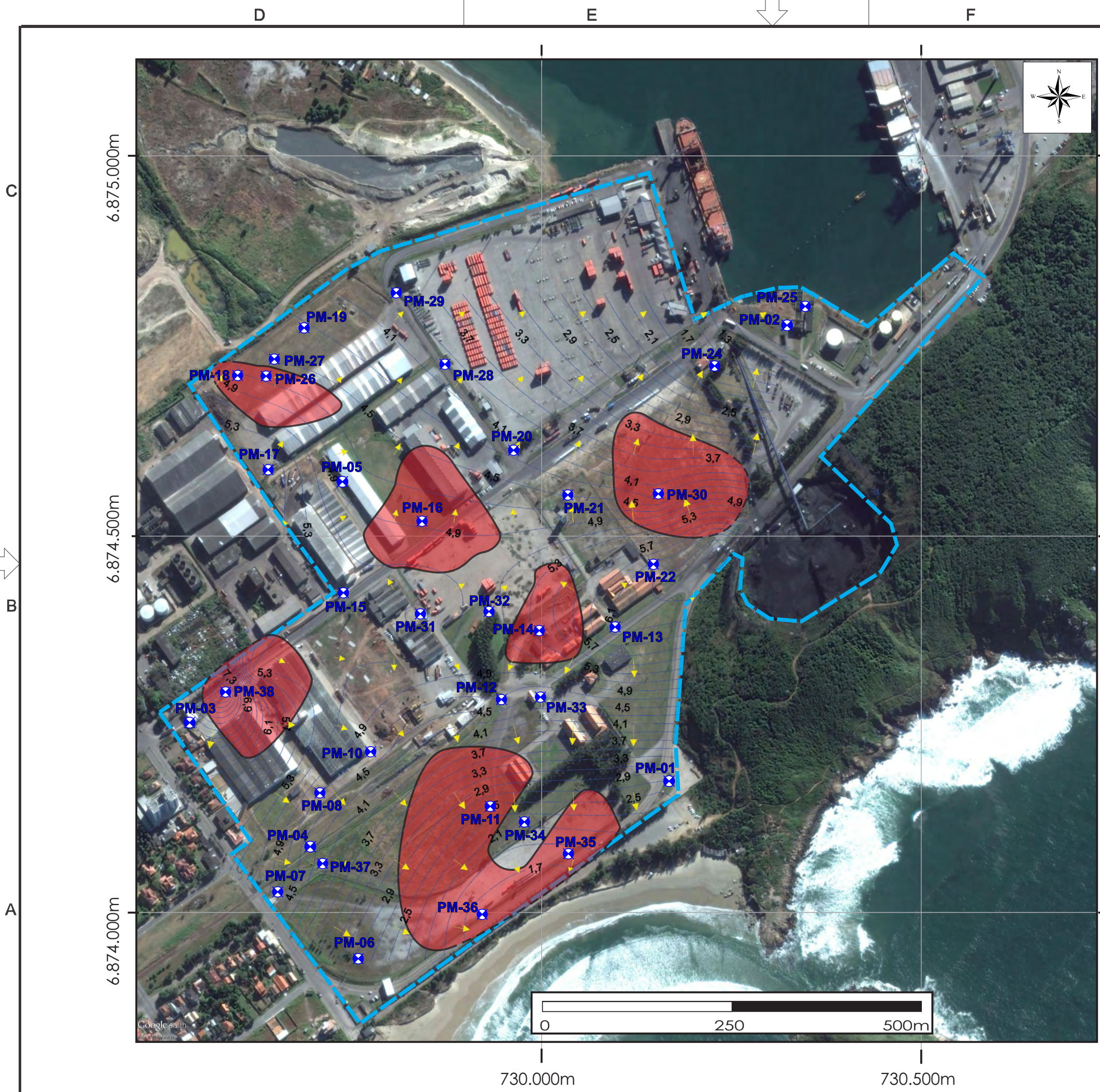
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE CROMO TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 29**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

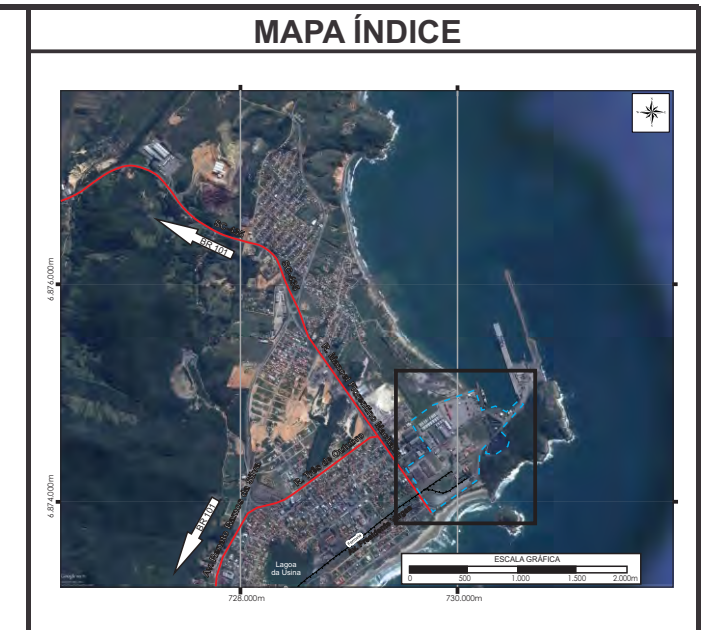
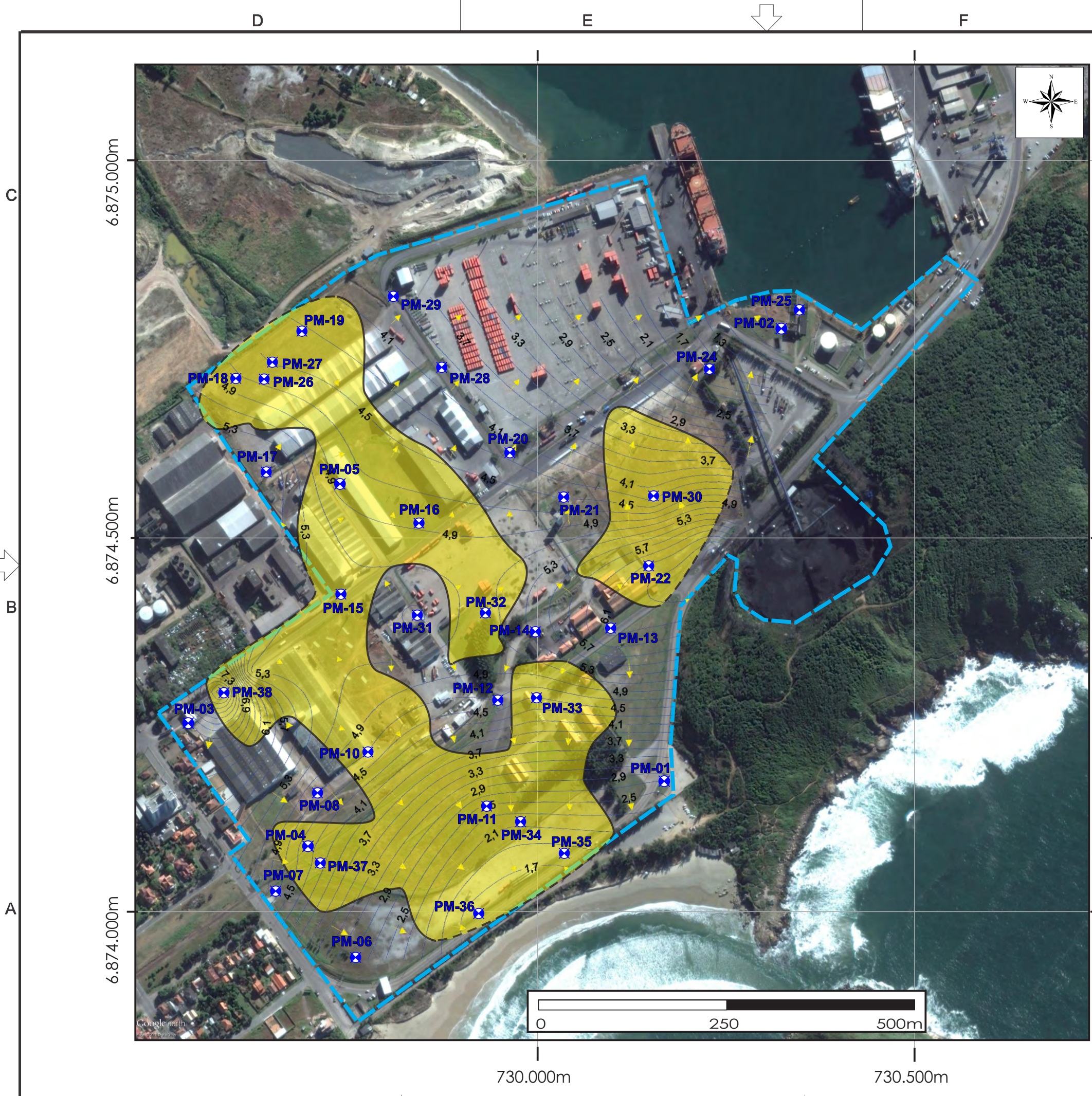
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE FERRO TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 30**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

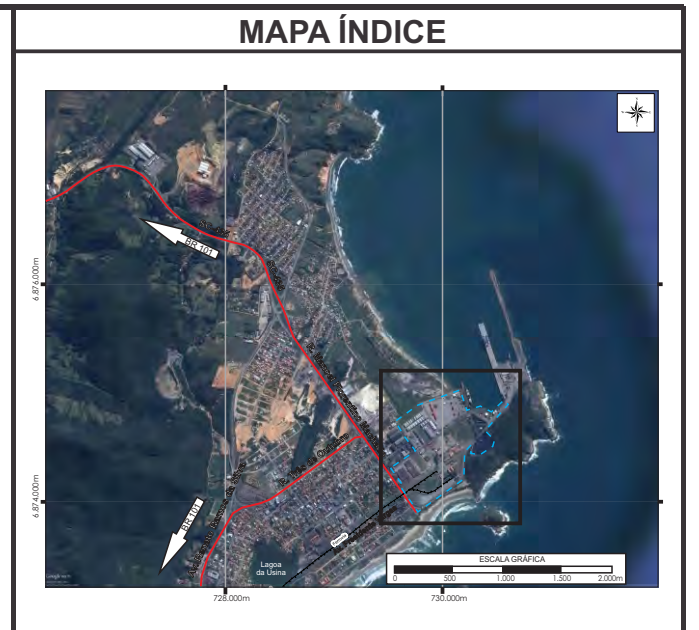
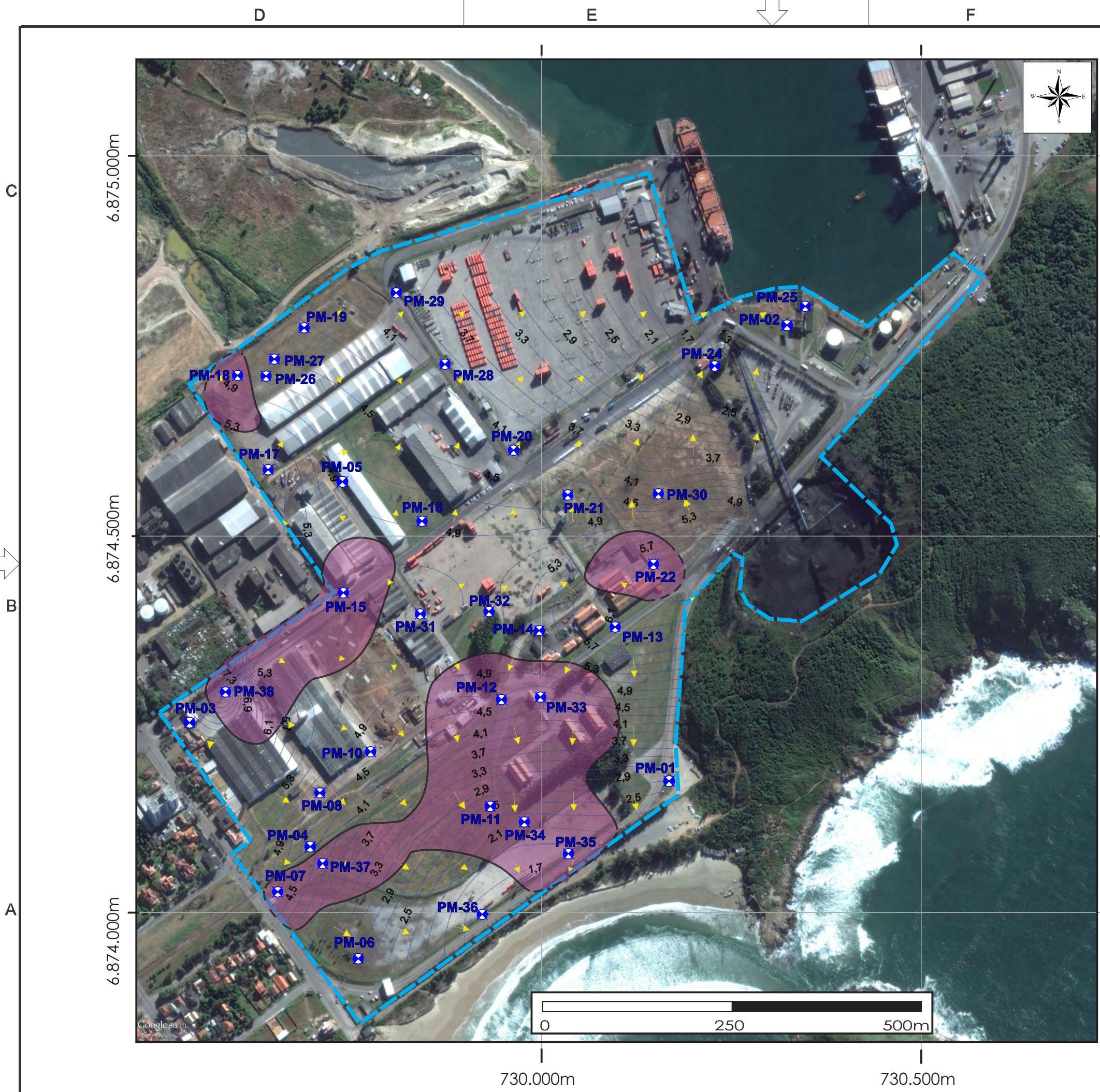
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE MANGANÊS TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

FIGURA 31





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

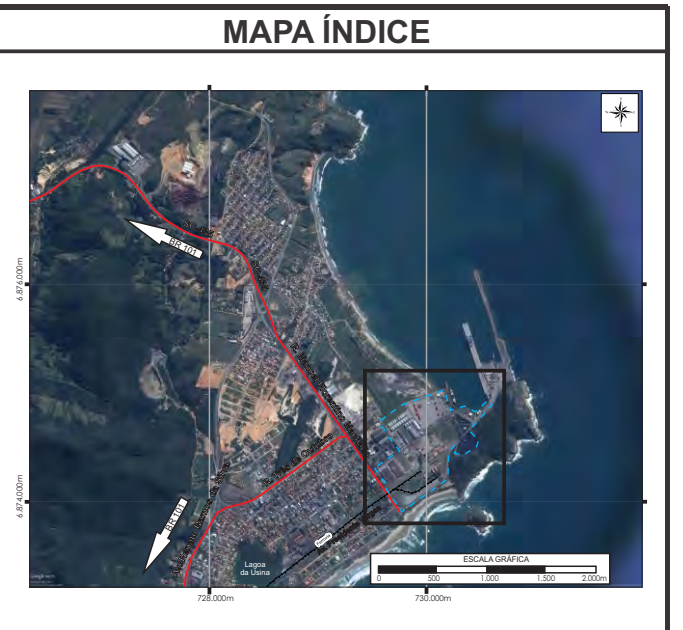
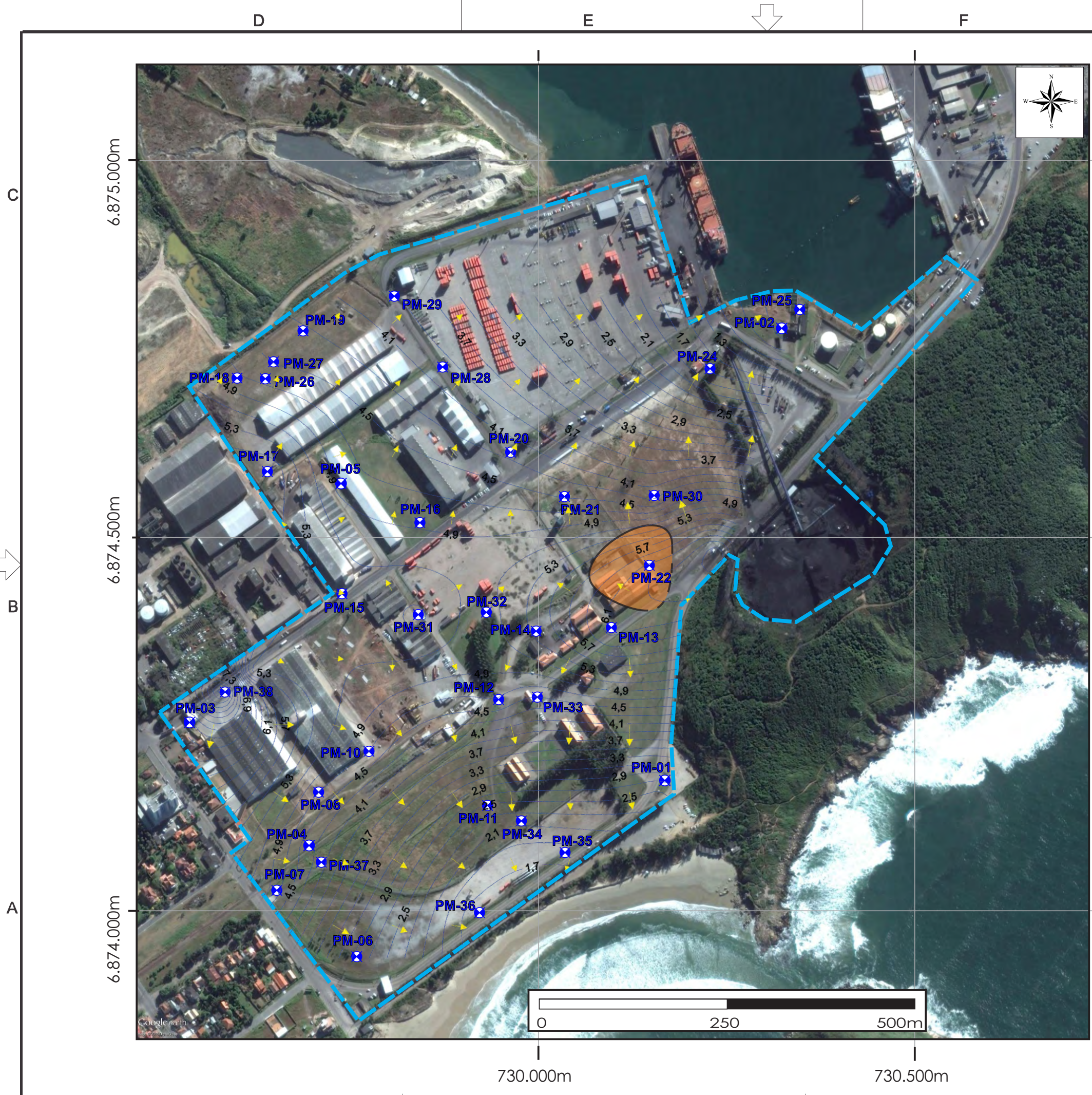
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE NÍQUEL TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

FIGURA 32





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

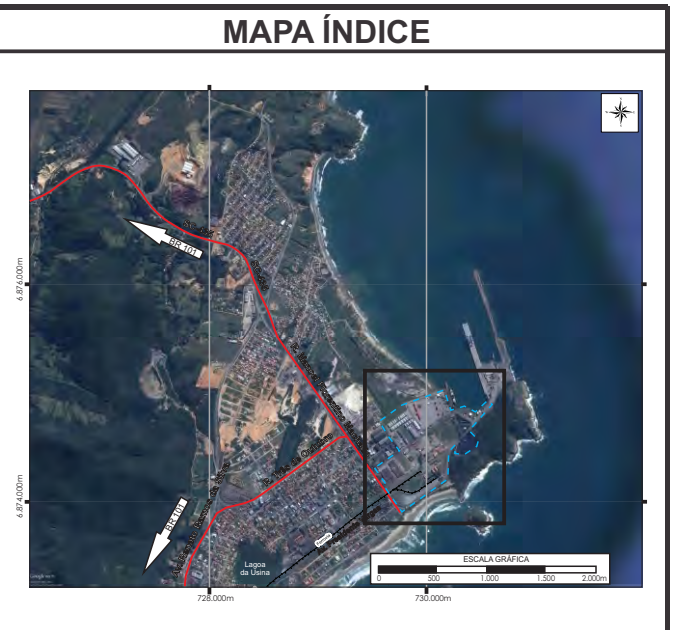
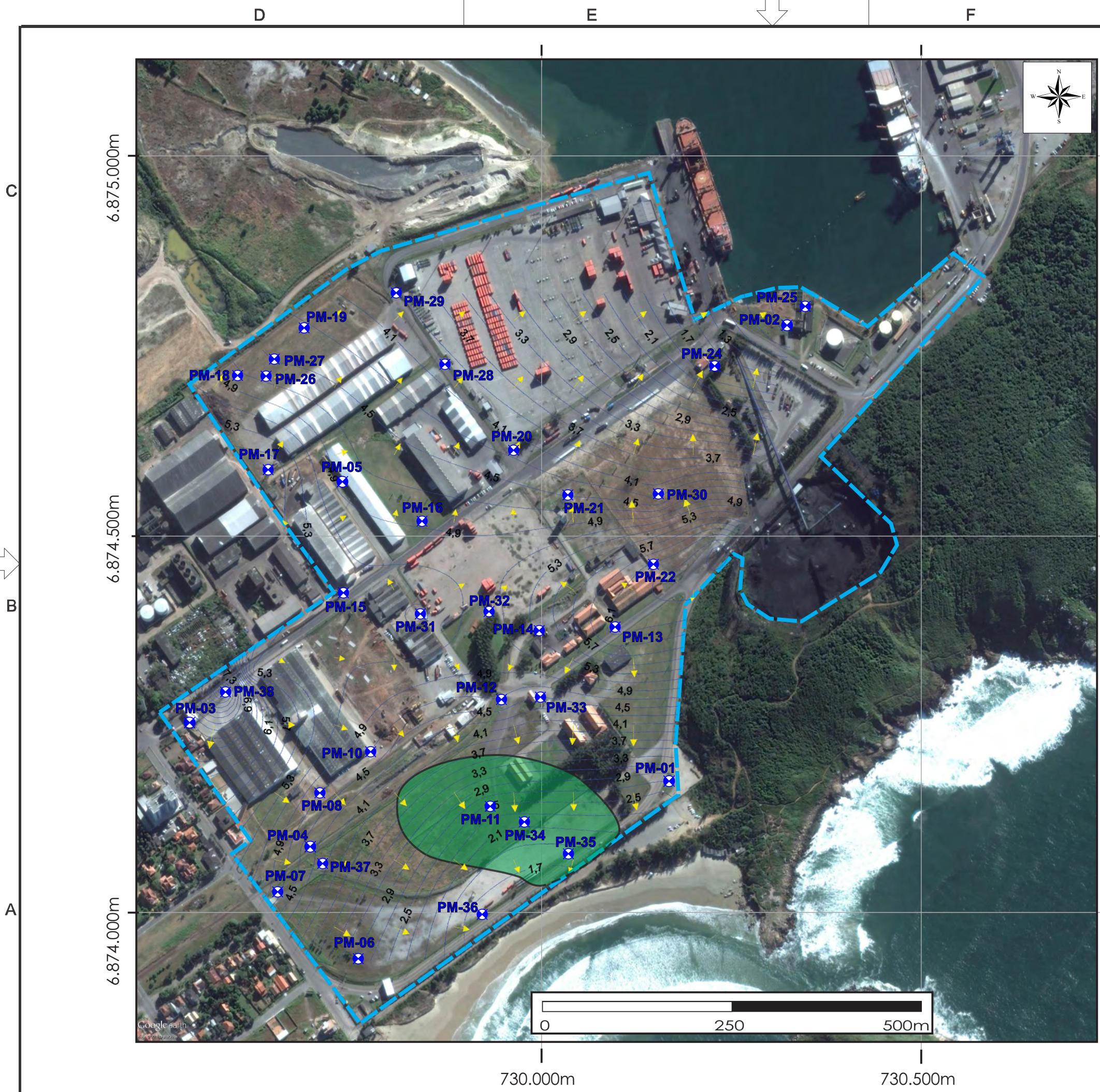
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE TÁLIO TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO	FOLHA 1 de 1		

**FIGURA 33**





- ### LEGENDA
- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
  - PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
  - Curva de nível d'água
  - Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
  - Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
  - Pluma inferida

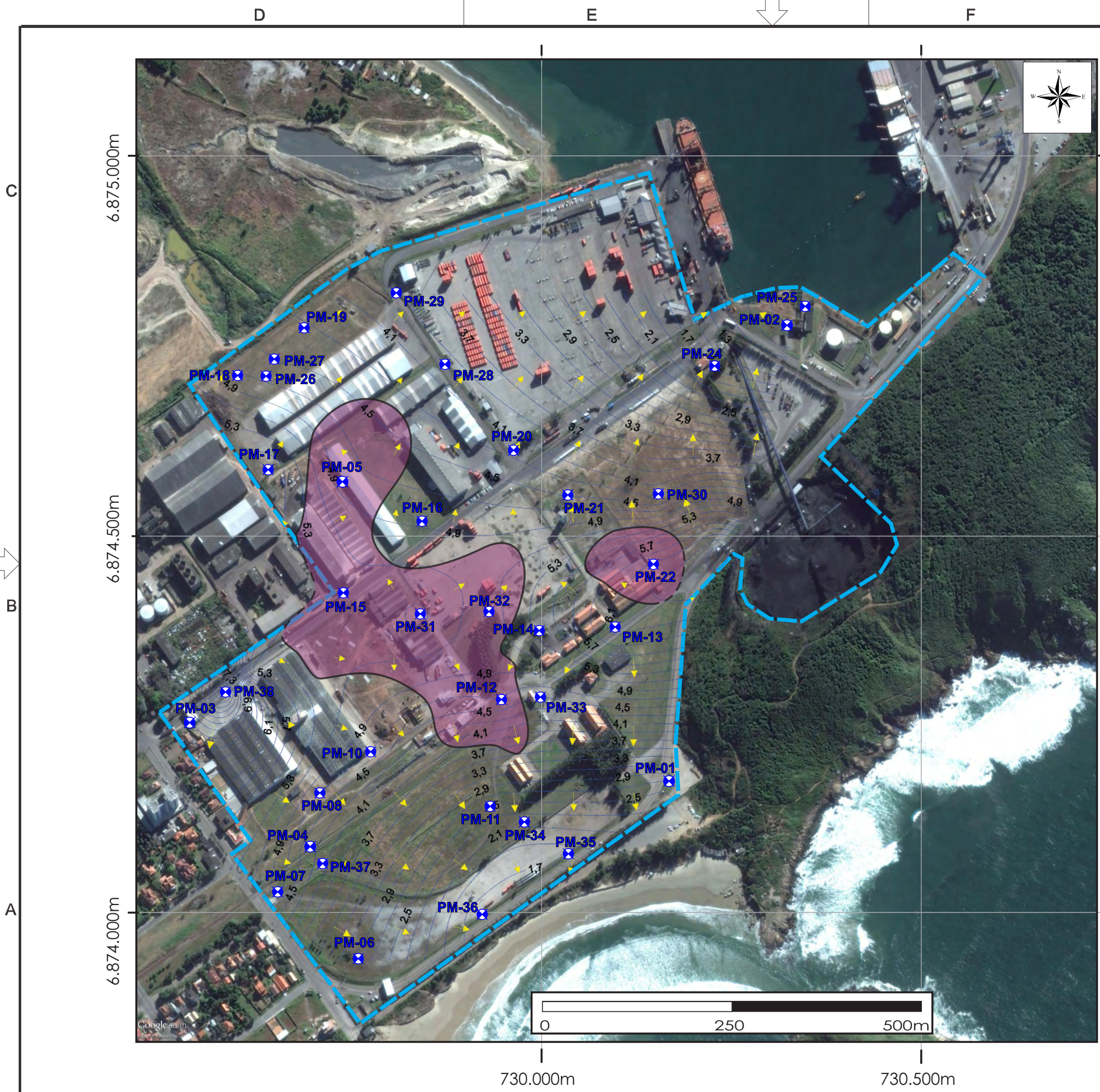
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE ZINCO TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 34**





**MAPA ÍNDICE**



**LEGENDA**

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

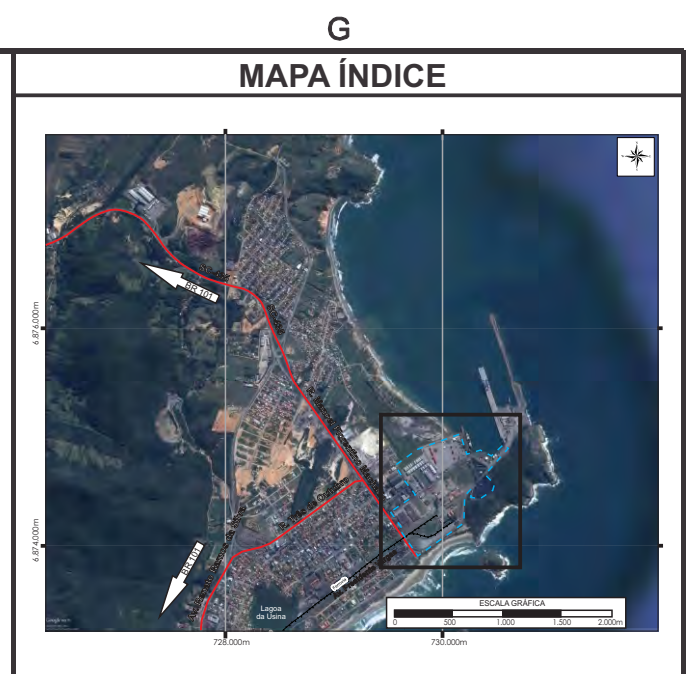
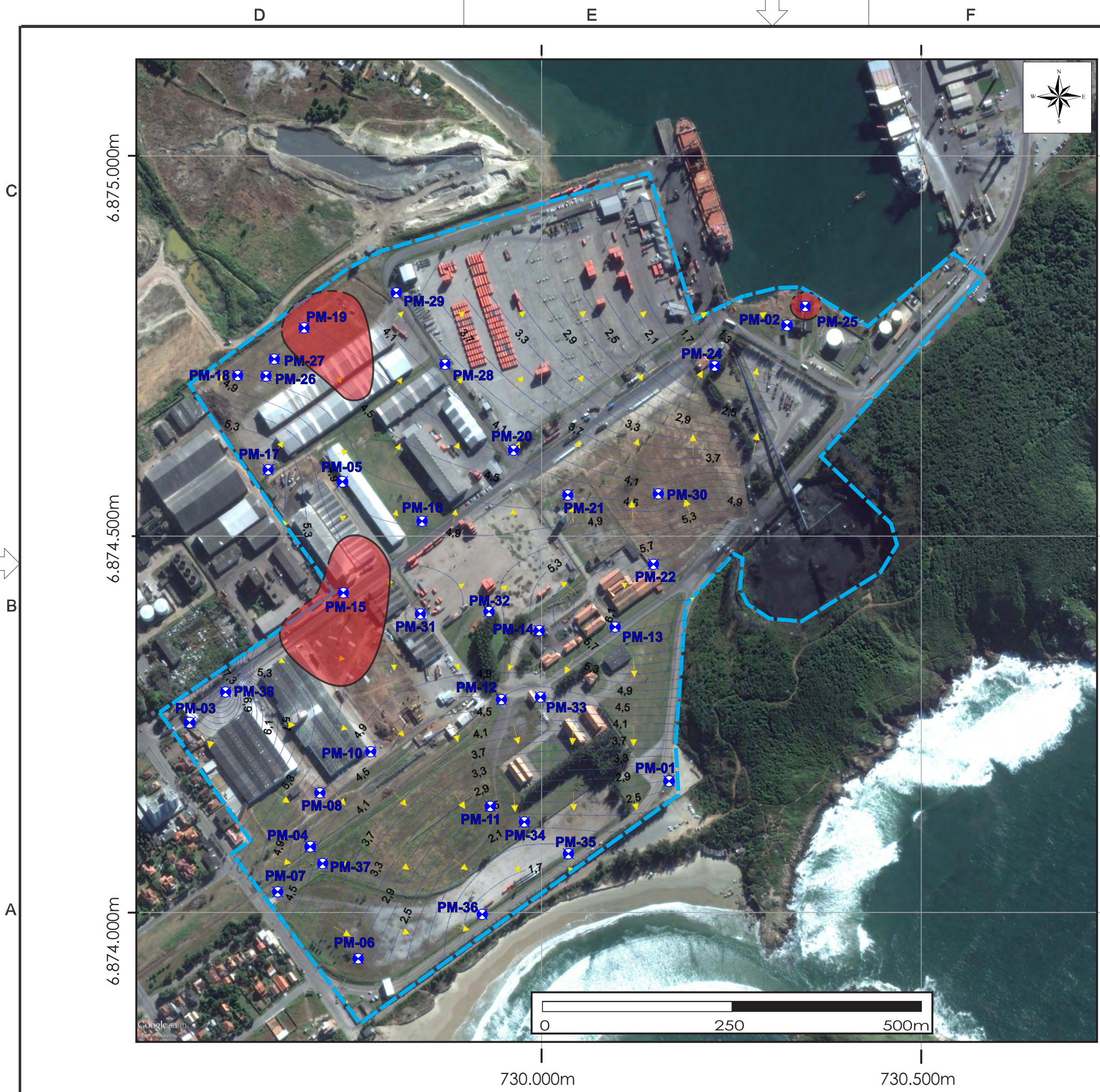
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE NITRATO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 35**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

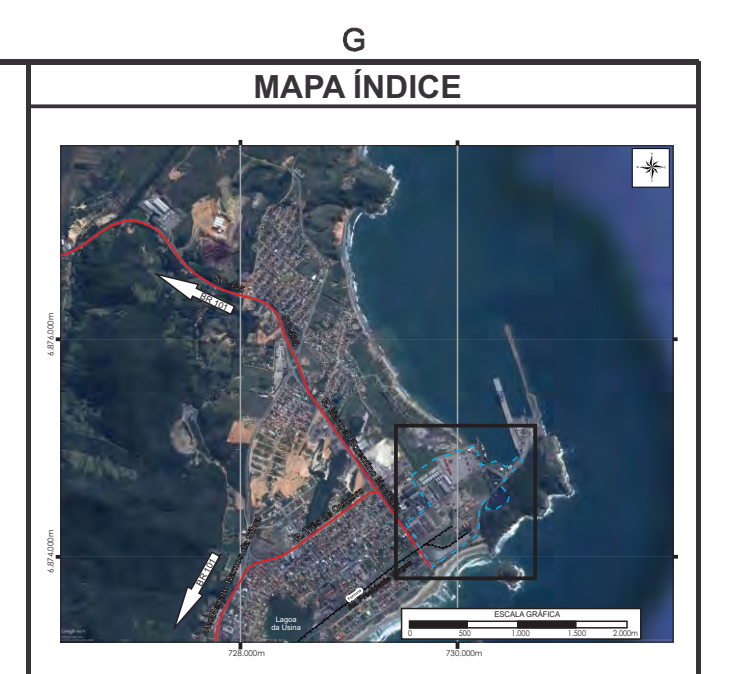
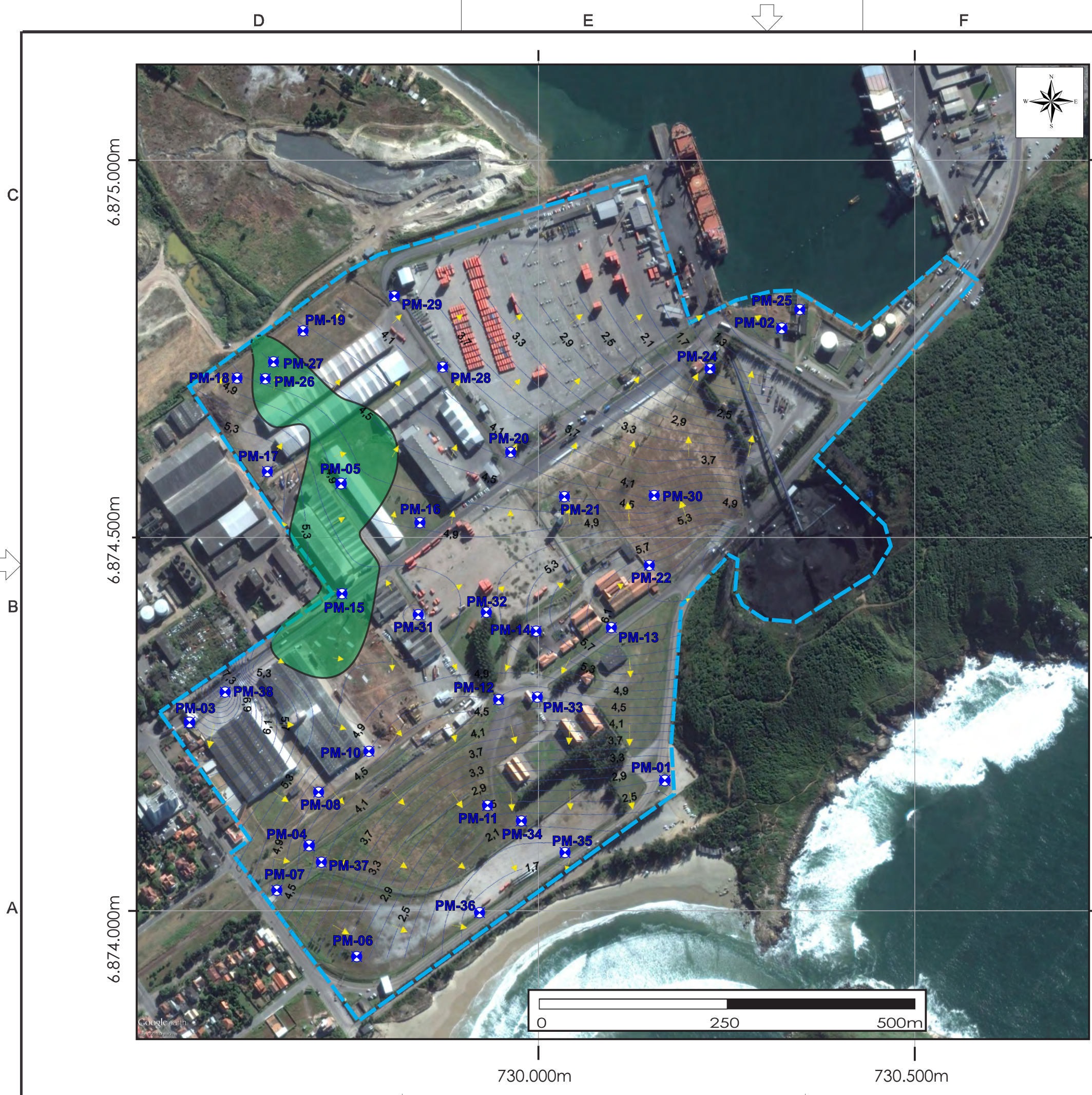
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 36**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

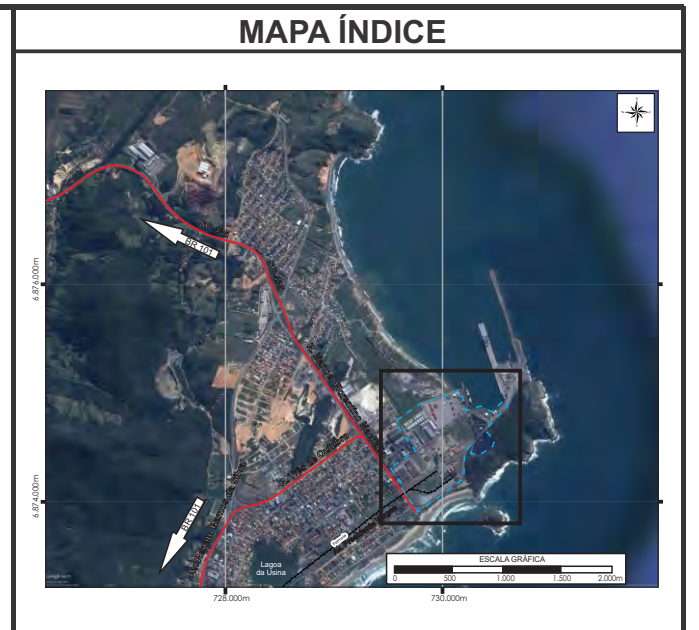
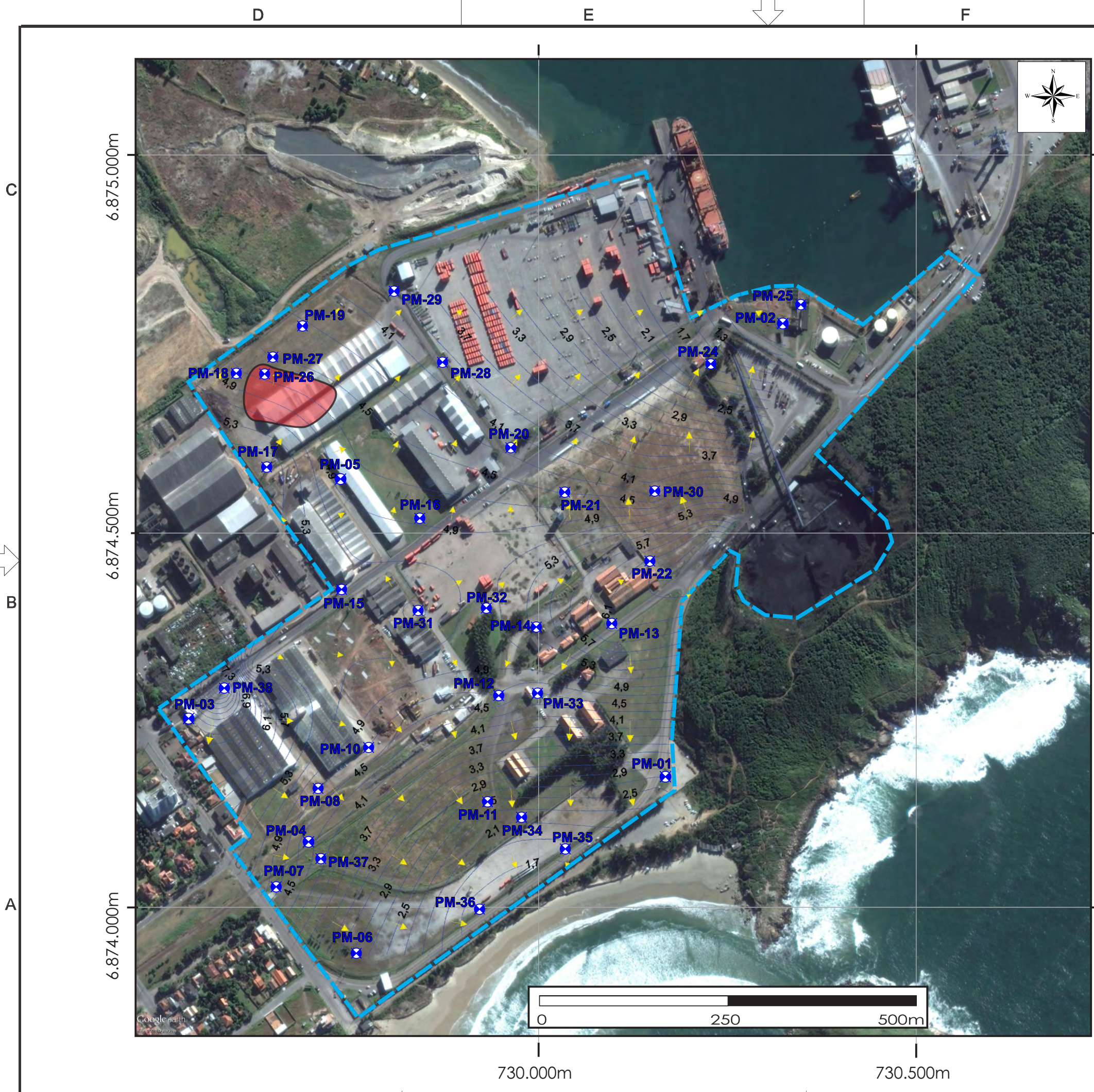
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE SÓDIO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 37**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- PM-XX Pontos de amostragem de água subterrânea
- Curva de nível d'água
- Direções preferenciais do fluxo subterrâneo
- Pluma delimitada (ABNT NBR 15515-3)
- Pluma inferida

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PLUMA DE TPH TOTAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 38**



---

## 5.3 Caracterização de Resíduos

O resumo dos resultados das análises químicas de caracterização das amostras de solo com indícios da presença de resíduos, em conformidade com as normas ABNT NBR 10004:2004, ABNT NBR 10005:2004 e ABNT NBR 10006:2004, é apresentado na Tabela 18. Os resultados completos das análises realizadas são apresentados nos laudos analíticos emitidos pelo laboratório Analytical Technology: Relatórios de Ensaio N° 9343/2016 e 9345/2016 (ANEXO 8).

Os ensaios de lixiviação das 03 amostras coletadas não apresentaram nenhum parâmetro com concentração acima dos limites máximos estabelecidos no Anexo F norma ABNT NBR 10004:2004. Os resultados dos ensaios de solubilização indicaram concentrações de Alumínio Total (RES-03), Ferro Total (RES-03), Fluoreto Total (RES-03), Manganês Total (RES-02 e RES-03) e Sulfato Total (RES-03) acima dos limites máximos no extrato solubilizado constantes no Anexo G da ABNT NBR 10004:2004.

De acordo com os laudos analíticos (ANEXO 8), a amostra SD41/0,5 foi classificada como Resíduo Classe II B – Inerte. Já as amostras RES-02 e RES-03 foram classificadas como Resíduos Classe II A – Não inertes, em função dos parâmetros supracitados quantificados no extrato solubilizado em concentrações acima dos limites permitidos (Tabela 18).

A Figura 39 apresenta a localização dos pontos de amostragem, com indicação das concentrações detectadas acima dos valores de referência no extrato solubilizado.



Tabela 18: Resultados da caracterização das amostras de solo com indícios da presença de resíduos

Sondagem		SD-41	RES-02 (PILHA DE ENTULHO)	RES-03	Valor de Referência ABNT NBR 10004:2004
Profundidade de Coleta (m)		0,5	Superficial	Superficial	
ID Laboratório		60255	60256	60257	
Nº do Relatório de Ensaio		9343/2016	9343/2016	9343/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos			
Análises de Massa Bruta					
Teor de Sólidos	%	88,4	89,2	82,3	-
Umidade	%	11,6	10,8	17,7	-
pH	-	6,54	6,76	5,36	>2,0 e <12,5
Inflamabilidade	°C	Não Inflamável	Não Inflamável	Não Inflamável	60
Sulfeto (como H <sub>2</sub> S)	mg/kg	< 0,072	0,381	0,656	500
Cianeto (como HCN)	mg/kg	< 0,028	< 0,028	< 0,030	250
Ensaio de Lixiviação					
Arsênio Total	mg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1
Bário Total	mg/L	0,093	0,13	0,199	70
Cádmio Total	mg/L	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,5
Chumbo Total	mg/L	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1
Cromo Total	mg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	5
Fluoreto Total	mg/L	< 0,150	< 0,150	< 0,150	150
Mercúrio Total	mg/L	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,1
Prata Total	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	5
Selênio Total	mg/L	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1
1,1-Dicloroetano	mg/L	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	3
1,2-Dicloroetano	mg/L	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	1
1,4-Diclorobenzeno	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	7,5
2,4,5-T	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	0,2
2,4,5-TP	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	1
2,4,5-Triclorofenol	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	400
2,4,6-Triclorofenol	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	20
2,4-D	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	3
2,4-Dinitrotolueno	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	0,13
Aldrin + Dieldrin	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,003
Benzeno	mg/L	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	0,5
Benzo(a)pireno	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	0,07
Clordano (Isômeros)	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,02
Cloreto de Vinila	mg/L	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	0,5
Clorobenzeno	mg/L	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	100
Clorofórmio	mg/L	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	6
DDT (Isômeros)	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,2
Endrin	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,06
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,003
Hexaclorobenzeno	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	0,1
Hexaclorobutadieno	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	0,5
Hexacloroetano	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	3
Lindano (g-BHC)	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,2
m,p-Cresol	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	200
o-Cresol	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	200
Metiletilcetona	mg/L	< 0,0090	< 0,0090	< 0,0090	200
Metoxicloro	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	2
Nitrobenzeno	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	2
Pentaclorofenol	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	0,9
Piridina	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	5
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	0,2
Tetracloroetano	mg/L	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	4
Toxafeno	mg/L	< 0,000375	< 0,000375	< 0,000375	0,5
Tricloroetano	mg/L	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	7

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.  
 (-) Parâmetros que não possuem valores intervenção nas listas de referência consideradas.



Tabela 18: Resultados da caracterização das amostras de solo com indícios da presença de resíduos (continuação)

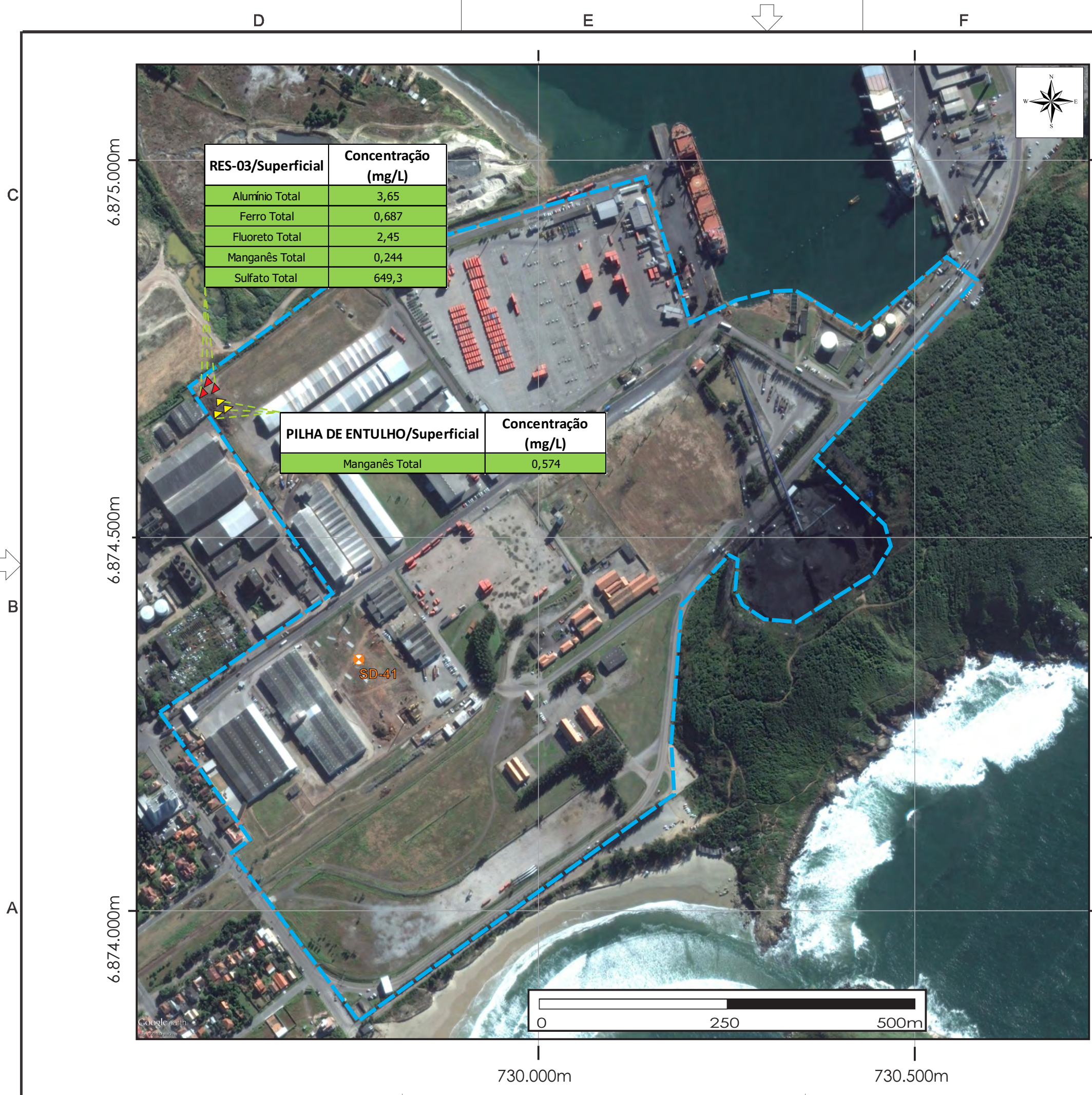
Sondagem		SD-41	RES-02 (PILHA DE ENTULHO)	RES-03	Valor de Referência ABNT NBR 10004:2004
Profundidade de Coleta (m)		0,5	Superficial	Superficial	
ID Laboratório		60255	60256	60257	
Nº do Relatório de Ensaio		9343/2016	9343/2016	9343/2016	
Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos			
		Ensaio de Solubilização			
Alumínio Total	mg/L	0,108	< 0,030	<b>3,65</b>	0,2
Arsênio Total	mg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,01
Bário Total	mg/L	0,074	0,058	0,443	0,7
Cádmio Total	mg/L	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,005
Chumbo Total	mg/L	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,01
Cianeto	mg/L	< 0,0060	< 0,0060	< 0,0060	0,07
Cloreto Total	mg/L	1,79	1,88	2,53	250
Cobre Total	mg/L	< 0,009	< 0,009	0,018	2
Cromo Total	mg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,05
Ferro Total	mg/L	0,053	0,236	<b>0,687</b>	0,3
Fluoreto Total	mg/L	0,2	0,757	<b>2,45</b>	1,5
Fenóis Totais	mg/L	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,01
Manganês Total	mg/L	0,018	<b>0,574</b>	<b>0,244</b>	0,1
Mercúrio Total	mg/L	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,001
Nitrato (como N)	mg/L	< 0,015	< 0,015	< 0,015	10
Prata Total	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,05
Selênio Total	mg/L	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,01
Sódio Total	mg/L	1,62	1,86	1,73	200
Sulfato Total	mg/L	8,27	172,1	<b>649,30</b>	250
Surfactantes	mg/L	< 0,015	< 0,015	< 0,015	0,5
Zinco Total	mg/L	0,125	0,118	0,784	5
2,4,5-T	mg/L	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	0,002
2,4,5-TP	mg/L	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	0,03
2,4-D	mg/L	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	0,03
Aldrin + Dieldrin	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,00003
Clordano (Isômeros)	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,0002
DDT (Isômeros)	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,002
Endrin	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,0006
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,00003
Hexaclorobenzeno	mg/L	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	0,001
Lindano (g-BHC)	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,002
Metoxicloro	mg/L	< 0,000030	< 0,000030	< 0,000030	0,02
Toxafeno	mg/L	< 0,000375	< 0,000375	< 0,000375	0,005
Classificação de Resíduos					
		Classe II B - Inerte	Classe II A - Não Inerte	Classe II A - Não Inerte	

Fonte: Laudos Analíticos (ANEXO 8)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

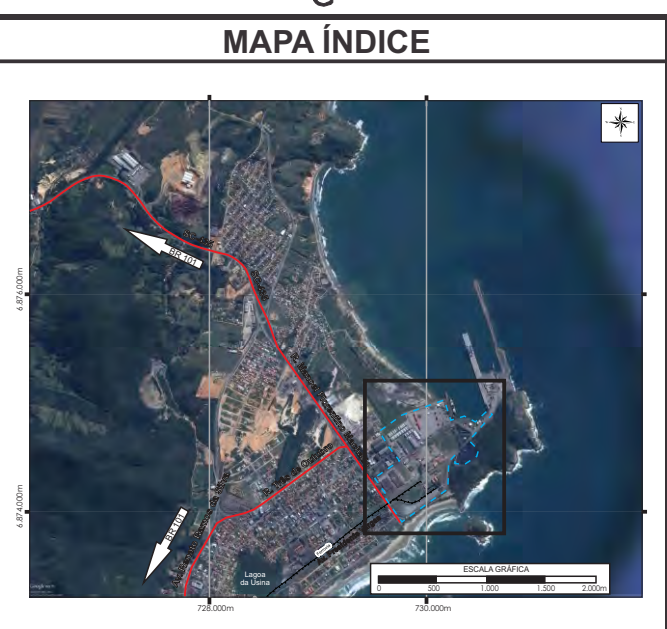
(-) Parâmetros que não possuem valores de intervenção nas listas de referência consideradas.





RES-03/Superficial	Concentração (mg/L)
Alumínio Total	3,65
Ferro Total	0,687
Fluoreto Total	2,45
Manganês Total	0,244
Sulfato Total	649,3

PILHA DE ENTULHO/Superficial	Concentração (mg/L)
Manganês Total	0,574



- LEGENDA**
- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
  - Ponto de amostragem de solo com indícios da presença de resíduo:
    - SD-XX Sondagem de reconhecimento
    - RES-02 - Pilha de entulho (amostra composta)
    - RES-03 - Entorno da pilha de entulho (amostra composta)

Ponto de Coleta/Profundidade (m)	Concentração no extrato solubilizado (mg/L)
Composto	Resultados acima dos valores de referência

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
 Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM E INDICAÇÃO DOS RESULTADOS ACIMA DOS LIMITES DE REFERÊNCIA NO EXTRATO SOLUBILIZADO		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 39**



---

## 6 Modelo Conceitual Atualizado

Com base nas informações obtidas na etapa de Investigação Detalhada, o modelo conceitual estabelecido para a área de estudo na Investigação Confirmatória (FEESC, 2016) foi atualizado.

A Tabela 19 apresenta o modelo conceitual da Investigação Detalhada para a área do Porto Organizado de Imbituba, em conformidade com as orientações das normas ABNT NBR 15515-3:2013 e ABNT NBR 16210:2013.

**Destaca-se que a área de estudo apresenta alta complexidade de investigação: possui grande diversidade e rotatividade de produtos movimentados, resultando em diferentes contaminantes potenciais; parte de sua área encontra-se instalada sobre embasamento rochoso impenetrável ao trado mecânico; presença de instalações subterrâneas distribuídas de forma desconhecida; ausência de registros sobre eventuais ocorrências ambientais pretéritas; área de alta visibilidade na região.**

### Observações complementares:

As áreas destacadas a seguir, identificadas na etapa de Avaliação Preliminar e/ou Investigação Confirmatória como áreas com potencial de contaminação, não foram contempladas nesta Investigação Detalhada:

- Diques de contenção do Terminal de Soda Cáustica – TESC. Justificativa: piso impermeabilizado com concreto e, de acordo com o reconhecimento geológico visual, os diques estão instalados sobre região de embasamento rochoso impenetrável ao trado mecânico. Além disso, não foram verificados indícios visuais de potencial contaminação no interior dos diques.
- Área de armazenagem de coque verde de petróleo. Justificativa: piso impermeabilizado com concreto e, de acordo com o reconhecimento geológico visual e os perfis de sondagens de reconhecimento executadas ao seu redor, esta área de armazenagem encontra-se localizada sobre região de embasamento rochoso impenetrável ao trado mecânico. A perfuração do solo na porção à jusante da área de armazenamento de coque também encontrou o embasamento rochoso impenetrável ao trado mecânico antes da ocorrência do lençol freático em diversas tentativas.

- 
- Tanque aéreo de óleo diesel instalado na área do terminal de containers (TECON). Justificativa: de acordo com informações obtidas junto a funcionários do TECON, o piso desta área possui uma camada de pavimentação de cerca de 1,0 m de espessura, constituído de paver, concreto, BGS e areia, impenetrável ao trado mecânico.
  - Interior das Subestações do Sistema de Energia Elétrica do Porto de Imbituba. Justificativa: por motivos de segurança, nas regiões onde estão instaladas as subestações, o solo e a água subterrânea foram investigados somente no entorno das instalações, respeitando-se as orientações dos técnicos da SCPAr Porto de Imbituba e o traçado das redes de distribuição subterrâneas. Observa-se que no entorno das Subestações SE-5 e SE-3SBPAR não foram realizadas sondagens e instalados poços de monitoramento (de acordo com o reconhecimento geológico visual, estas subestações estão instaladas sobre região de embasamento rochoso impenetrável ao trado mecânico). À jusante da Subestação SE-7 também não foi possível instalar poço de monitoramento (conforme o perfil da sondagem SD-27, a perfuração do solo nesta região encontrou embasamento rochoso impenetrável ao trado mecânico antes da ocorrência do lençol freático).
  - Interior das edificações de estocagem de produtos (armazéns). Justificativa: o escopo de serviços não contemplou a realização de sondagens e instalação de poços de monitoramento no interior destas instalações (o interior dos armazéns não é alvo deste estudo de passivos ambientais).

**Tabela 19: Modelo conceitual atualizado (etapa de Investigação Detalhada)**

<b>Áreas</b>	<b>Substâncias</b>	<b>Vias potenciais de transporte dos contaminantes</b>	<b>Receptores potenciais / Bens a proteger</b>	<b>Observações</b>
Antigo depósito de ascarel, equipamentos e peças ("toca do rato")	PCB no solo superficial em concentração acima do valor de referência	Volatilização de vapores, lixiviação e transporte pela água subterrânea, dispersão pela água superficial	Trabalhadores comerciais/industriais e de obras da área portuária; mar (Praia do Porto) e seus usuários	Identificado solo com aspecto oleoso durante a perfuração da sondagem SD-32. Forte odor de composto oleoso no boxe onde estavam depositados os tambores contendo ascarel
Entorno das áreas de estocagem de produtos (armazéns e pátios) – regiões dos poços de monitoramento PM-05, PM-10, PM-16, PM-22, PM-31 e PM-32	Metais (Al, Pb, B, Fe, Mn, Ni, e Tl), Nitrato e Sódio na água subterrânea em concentrações acima dos valores de referência	Transporte pela água subterrânea	Trabalhadores comerciais/industriais e de obras da área portuária	Identificado a presença de resíduos de carvão durante a perfuração das sondagens PM-10 e PM-31
Antiga área de estocagem de carvão (atuais áreas A-12 e A-15 do PDZ) – região dos poços PM-06, PM-11, PM-34, PM-35, PM-36 e PM-37	Metais (Al, Cd, Co, Fe, Mn, Ni e Zn) na água subterrânea em concentrações acima dos valores de referência	Transporte pela água subterrânea, dispersão pela água superficial	Trabalhadores comerciais/industriais e de obras da área portuária e do entorno; mar (Canto da Praia da Vila) e seus usuários	Identificada a presença de resíduos de carvão durante a perfuração das sondagens SD-01, SD-02, SD-37, SD-38 e PM-35
Divisa da área do Porto com a área da ex-ICC/GASPETRO (atuais armazéns de estocagem; pátio de veículos batidos) – região dos poços PM-03, PM-15, PM-17 e PM-38	Metais (Al, B, Fe, Mn e Ni), Sódio, Coliformes e Nitrato na água subterrânea em concentrações acima dos valores de referência	Transporte pela água subterrânea	Trabalhadores comerciais/industriais e de obras da área portuária e do entorno	Identificada a presença de resíduos de carvão durante a perfuração da sondagem PM-17
Área sem edificação, situada ao norte do Armazém de lona 2 (região dos poços PM-18, PM-19, PM-26 e PM-27)	TPH, Metais (Al, As, B, Cr, Fe, Mn e Ni), Sódio e Coliformes na água subterrânea em concentrações acima dos valores de referência	Transporte pela água subterrânea, volatilização de vapores	Trabalhadores comerciais/industriais e de obras da área portuária e do entorno; residentes do entorno; mar e seus usuários	Identificada a presença de resíduos de carvão e óxido de ferro durante a perfuração das sondagens PM-18 e SD-49. Durante a perfuração/instalação do PM-26 foi identificado a presença de resíduos de carvão e verificado forte odor (aparentemente de sulfeto de hidrogênio). Os perfis das sondagens SD-16A, SD-16B, SD-19, SD-20 e SD-47 também indicam a presença de resíduos de carvão
Entorno da linha férrea (regiões dos poços PM-04 e PM-12)	Metais (Al e Ni) na água subterrânea em concentrações acima dos valores de referência	Transporte pela água subterrânea	Trabalhadores comerciais/industriais e de obras da área portuária e do entorno; mar e seus usuários	-

Fonte: Elaboração própria



---

## 7 Avaliação da Exposição

O objetivo principal da avaliação da exposição é determinar os principais receptores expostos à contaminação, as vias de ingresso e as concentrações de exposição que, juntos, definirão o modelo conceitual de exposição para a área de interesse. Neste caso, são definidas as condições mais críticas de exposição para os receptores estabelecidos para o local. Ou seja, na definição da exposição e cálculo do risco, foi assumido que todas as rotas de exposição consideradas seriam completadas.

### 7.1 Caracterização dos Cenários de Exposição

#### 7.1.1 Substâncias químicas de interesse (SQI)

A seleção das SQI para a avaliação de risco foi realizada seguindo as recomendações do *Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I, Human Health Evaluation Manual – Part A*, publicado pela USEPA sob registro EPA/540/1-89/002 de Dezembro/1989, denominado RAGS-USEPA, e as orientações da norma ABNT NBR 16209.

Para essa seleção, foram considerados os resultados analíticos das amostras de solo e água subterrânea obtidos tanto na Investigação Confirmatória (FEESC, 2016), como na Investigação Detalhada (item 5), em função do pequeno intervalo de tempo entre os monitoramentos (cerca de três meses).

Além disso, em virtude da ausência de dados de concentrações de *background* para a área do Porto de Imituba, foi considerado, de forma conservadora, que os solos e águas subterrâneas da área de interesse não possuem ocorrência natural das substâncias químicas listadas no Anexo II da Resolução CONAMA Nº 420/2009, acima dos valores de intervenção.

Os critérios adotados para seleção das substâncias a serem consideradas na avaliação de risco foram:

- Substâncias que apresentaram concentrações acima dos valores de intervenção considerados foram incluídas na avaliação de risco.
- Substâncias que não possuem valores de intervenção aplicáveis para as matrizes solo e água subterrânea nas listas de referência consideradas foram excluídas da avaliação quantitativa de riscos.

- 
- Substâncias que não possuem dados toxicológicos ou valores de dose admissível foram excluídas da avaliação quantitativa de riscos.
  - Substâncias que não apresentam dados físico-químicos suficientes para os cálculos de transferência e derivação das doses de ingresso foram excluídas da quantificação dos riscos.

Desta forma, foram selecionadas para o cálculo do risco, por compartimento ambiental, as seguintes SQI:

- **Solo:** Bifenilas Policloradas Totais (PCB).
- **Água subterrânea:** Alumínio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Tálcio, Zinco e Nitrato.

Já as substâncias TPH Total, Sódio e Coliformes Termotolerantes detectadas no compartimento água subterrânea em concentrações acima dos padrões de referência, não foram incluídas na avaliação quantitativa de risco, uma vez que não há parâmetros toxicológicos para estes contaminantes nos bancos de dados recomendados pela norma ABNT NBR 16209:2013, conforme os critérios supracitados. Em relação ao TPH Total, cabe destacar também que:

- Algumas metodologias sugerem a utilização de compostos substitutos (*surrugates*) para o cálculo do risco pela ocorrência de TPH. No entanto, a composição do TPH varia significativamente ao longo do tempo devido aos processos de intemperização, e é difícil garantir que os compostos substitutos representem toda a diversidade de efeitos tóxicos do TPH, limitando a aplicação desta técnica.
- O TPH Total e suas frações não estão incluídos no banco de dados de substâncias químicas das Planilhas CETESB para avaliação de risco (planilha empregada neste estudo para o cálculo do risco à saúde humana).

A Tabela 20 apresenta os valores de concentração identificados acima dos valores de intervenção na água subterrânea nas campanhas de fevereiro/2016 (Investigação Confirmatória) e maio-junho/2016 (Investigação Detalhada), para as SQI selecionadas para a quantificação do risco. Em relação aos metais, foram consideradas apenas as concentrações de metais totais (maior concentração).

No solo, a única amostra que apresentou concentrações de PCB acima do valor de referência foi a SD32/0,5m (344,20 mg/kg) e sua réplica (2.053,50 mg/kg), coletadas no dia 17/12/2015 na etapa de Investigação Confirmatória (FEESC, 2016).

---

Os resultados analíticos completos avaliados neste estudo para seleção das SQI para quantificação do risco, bem como os métodos analíticos e os limites de quantificação de cada parâmetro analisado podem ser consultados junto aos laudos analíticos de cada campanha de monitoramento.



Tabela 20: Concentrações das SQI selecionadas para avaliação de risco nas águas subterrâneas

Parâmetro	Concentração (µg/L)																	
	PM-02		PM-03		PM-04		PM-05		PM-06		PM-07		PM-08		PM-10		PM-11	
	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016
Alumínio	(-)	(-)	(-)	(-)	10.306,80	(-)	(-)	(-)	(-)	4.472,80	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	172.760,90	190.543,50
Arsênio	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Boro	(-)	922,80	(-)	530,00	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	514,90	(-)	(-)
Cádmio	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	29,20	35,80
Chumbo	(-)	(-)	(-)	(-)	348,80	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Cobalto	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	385,90	432,00
Cromo	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Ferro	(-)	(-)	(-)	(-)	5.016,30	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	3.595,70
Manganês	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	499,40	(-)	(-)	(-)	(-)	459,60	(-)	998,90	1.234,80	4.800,00	5.289,10
Níquel	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	26,50	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	758,70	974,60
Tálio	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)
Zinco	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	9.059,80	11.456,50
Nitrato	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	263.771,00	295.942,00	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Parâmetro	Concentração (µg/L)																	
	PM-12		PM-14		PM-15		PM-16		PM-17		PM-18		PM-19		PM-22		PM-24	
	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016
Alumínio	12.288,30	11.282,60	(-)	(-)	7.697,80	11.587,00	(-)	(-)	(-)	4.713,90	24.899,30	27.227,00	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Arsênio	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	188,40	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Boro	(-)	(-)	(-)	(-)	1.616,30	2.037,00	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	875,50	526,40	(-)	535,00
Cádmio	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Chumbo	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Cobalto	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Cromo	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Ferro	(-)	(-)	(-)	2.482,60	(-)	(-)	2.544,00	6.197,50	(-)	(-)	28.891,30	21.024,50	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Manganês	(-)	(-)	(-)	(-)	699,30	507,80	735,00	791,00	(-)	(-)	1.413,00	904,20	1.003,00	1.075,50	592,30	492,70	(-)	(-)
Níquel	38,70	37,10	(-)	(-)	43,70	55,20	(-)	(-)	(-)	(-)	25,10	27,80	(-)	(-)	(-)	24,20	(-)	(-)
Tálio	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	(-)	N.M.	93,30	N.M.	(-)
Zinco	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	1.140,70	(-)	(-)
Nitrato	34.189,00	11.858,00	(-)	(-)	238.977,00	156.945,00	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	253.584,00	91.347,00	(-)	(-)

Fonte: Laudos Analíticos (FEESC, 2016; ANEXO 8)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.

Fev/2016 – Campanha de monitoramento da etapa de Investigação Confirmatória (FEESC, 2016).

Mai/2016 e Jun/2016 – Campanha de monitoramento da etapa de Investigação Detalhada (item 5.2).

(-) Concentração inferior ao valor de referência considerado.

N.I. Poço de monitoramento não instalado.

N.M. Parâmetro não monitorado.



Tabela 20: Concentrações das SQI selecionadas para avaliação de risco nas águas subterrâneas (continuação)

Parâmetro	Concentração (µg/L)															
	PM-26		PM-27		PM-30		PM-31		PM-32		PM-33		PM-34		PM-35	
	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Jun/2016	Fev/2016	Jun/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Jun/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016
Alumínio	(-)	5.324,40	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	29.361,90	N.I.	(-)	N.I.	21.276,30	N.I.	29.701,80
Arsênio	(-)	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Boro	(-)	(-)	N.I.	673,00	N.I.	(-)	N.I.	610,50	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Cádmio	(-)	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	43,60
Chumbo	(-)	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	77,50	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Cobalto	(-)	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	100,10	N.I.	(-)
Cromo	176,00	271,20	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Ferro	446.837,00	404.944,50	N.I.	(-)	N.I.	2.736,00	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	6.433,50
Manganês	5.819,00	6.134,90	N.I.	1.100,50	N.I.	2.205,70	N.I.	(-)	N.I.	2.495,40	N.I.	1.699,40	N.I.	2.509,90	N.I.	1.333,30
Níquel	(-)	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	48,70	N.I.	198,80	N.I.	141,40
Tálio	N.M.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Zinco	(-)	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	1.230,10	N.I.	1.197,40
Nitrato	(-)	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	274.986,00	N.I.	13.108,00	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)

Parâmetro	Concentração (µg/L)					
	PM-36		PM-37		PM-38	
	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016	Fev/2016	Mai/2016
Alumínio	N.I.	(-)	N.I.	8.401,10	N.I.	10.010,90
Arsênio	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Boro	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Cádmio	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Chumbo	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Cobalto	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Cromo	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Ferro	N.I.	33.316,60	N.I.	(-)	N.I.	13.229,30
Manganês	N.I.	(-)	N.I.	647,60	N.I.	495,40
Níquel	N.I.	(-)	N.I.	23,70	N.I.	21,60
Tálio	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Zinco	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)
Nitrato	N.I.	(-)	N.I.	(-)	N.I.	(-)

Fonte: Laudos Analíticos (FEESC, 2016; ANEXO 8)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados.  
 Fev/2016 – Campanha de monitoramento da etapa de Investigação Confirmatória (FEESC, 2016).  
 Mai/2016 e Jun/2016 – Campanha de monitoramento da etapa de Investigação Detalhada (item 5.2).  
 (-) Concentração inferior ao valor de referência considerado.  
 N.I. Poço de monitoramento não instalado.  
 N.M. Parâmetro não monitorado.



---

## 7.1.2 Identificação dos potenciais receptores

Os receptores potenciais são definidos como indivíduos ou grupos de indivíduos humanos ou físicos (rio, lago, mar, etc.) com potencial de exposição à contaminação, ou seja, que possam estar expostos direta ou indiretamente a substâncias químicas associadas a um evento de contaminação ambiental. No caso do risco à saúde humana, os receptores são os indivíduos ou grupos de indivíduos humanos.

Neste estudo, os potenciais receptores humanos foram determinados com base no cenário de uso e ocupação do solo atual e futuro (estimado), considerando-se as informações levantadas na Avaliação Preliminar, Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada.

O posicionamento dos receptores potenciais foi avaliado em duas situações distintas: *On-Site* (receptores localizados sobre a área contaminada, dentro da delimitação adotada para a área terrestre do Porto de Imbituba) e *Off-Site* (receptores localizados no entorno do Porto), conforme descrito a seguir.

Foi assumida como área de influência para a definição dos potenciais receptores uma distância de 500 m a partir dos limites da área terrestre do Porto Organizado de Imbituba (Figura 14), de forma a possibilitar também a identificação dos potenciais receptores *off-site*.

### **Receptores potenciais localizados dentro dos limites do Porto (*On-Site*):**

- Trabalhadores da área portuária (funcionários das empresas e instituições instaladas no Porto de Imbituba e terceirizados).
- Trabalhadores responsáveis pela execução de eventuais obras, escavações ou atividades de remediação futuras, bem como os trabalhadores responsáveis pelas campanhas de monitoramento e atividades de manutenção.
- Visitantes do Porto (receptores eventuais).

### **Receptores potenciais localizados no entorno do Porto (*Off-Site*):**

- Residentes das áreas urbanas.
- Trabalhadores de estabelecimentos comerciais e/ou industriais no entorno do Porto.
- Trabalhadores responsáveis pela execução de eventuais obras, escavações ou atividades de remediação futuras, bem como os trabalhadores

---

responsáveis pelas campanhas de monitoramento e eventuais atividades de manutenção.

- Indivíduos que realizam trilhas/caminhadas nos Parques Urbanos do entorno do Porto (receptores recreacionais).
- Indivíduos que praticam atividades de recreação (natação, surfe) na Praia do Porto e Praia da Vila (receptores recreacionais).

É importante salientar que os receptores acima definidos são receptores potenciais. Como uso futuro da área do Porto de Imbituba e seu entorno, assumiu-se a continuidade das atividades desenvolvidas atualmente, à exceção das antigas áreas da ex-ICC/GASPETRO, para as quais foram assumidos novos usos relacionados diretamente com a atividade portuária, de acordo com o zoneamento previsto no Plano Diretor (ZSP – Zona de Serviços Portuários).

### 7.1.3 Identificação das vias de ingresso

A identificação das vias de ingresso aplicáveis tomou como base as informações levantadas na Avaliação Preliminar, Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada, sendo considerado o cenário de contaminação (resultados analíticos) do solo e água subterrânea quantificado na área do Porto tanto na etapa de Investigação Confirmatória, como na Investigação Detalhada.

A seguir são apresentadas as vias de ingresso (rotas de exposição) identificadas, agrupadas por receptores potenciais:

#### **Receptores potenciais localizados dentro dos limites do Porto (On-Site):**

- Trabalhadores da área portuária (receptor trabalhador comercial/industrial):
  - Contato dérmico com o solo contaminado;
  - Inalação de substâncias voláteis provenientes de solo contaminado, em ambientes fechados.
- Trabalhadores de eventuais obras, escavações ou atividades de remediação futuras, bem como os trabalhadores responsáveis pelas campanhas de monitoramento e atividades de manutenção (receptor trabalhador em obras civis e de escavação):
  - Ingestão acidental de solo contaminado;
  - Contato dérmico com o solo contaminado;

- 
- Inalação de substâncias voláteis provenientes de solo contaminado, em ambientes fechados;
  - Inalação de particulados e/ou de vapores provenientes de solo contaminado, em ambientes abertos;
  - Ingestão acidental de água subterrânea contaminada durante os serviços temporários de escavação;
  - Contato dérmico com a água subterrânea contaminada durante os serviços temporários de escavação;
  - Visitantes do Porto (receptor eventual):
    - Nenhuma rota potencial de exposição aplicável.

#### **Receptores potenciais localizados no entorno do Porto (Off-Site):**

- Residentes das áreas urbanas (receptor residencial urbano – adultos e crianças):
  - Nenhuma rota potencial de exposição aplicável.
- Trabalhadores de estabelecimentos comerciais e/ou industriais no entorno do Porto (receptor trabalhador comercial/industrial):
  - Nenhuma rota potencial de exposição aplicável.
- Trabalhadores responsáveis pela execução de eventuais obras, escavações ou atividades de remediação futuras, bem como os trabalhadores responsáveis pelas campanhas de monitoramento e eventuais atividades de manutenção (receptor trabalhador em obras civis e de escavação):
  - Ingestão acidental de água subterrânea contaminada durante os serviços temporários de escavação;
  - Contato dérmico com a água subterrânea contaminada durante os serviços temporários de escavação.
- Indivíduos que realizam trilhas/caminhadas nos Parques Urbanos do entorno do Porto (receptores recreacionais).
  - Nenhuma rota potencial de exposição aplicável.
- Indivíduos que praticam atividades de recreação na Praia do Porto e Praia da Vila (receptores recreacionais).
  - Nenhuma rota potencial de exposição aplicável.

Foram consideradas como rotas de exposição não aplicáveis aos potenciais receptores *on-site* e *off-site*, nesta avaliação de risco, as seguintes vias:

---

### **Receptores On-Site:**

- Ingestão de vegetais.

Justificativa: o Porto de Imbituba (área de interesse delimitada para o estudo de passivo ambiental) está inserido dentro de uma zona de Porto Industrial Comercial, na qual não é permitido o cultivo de vegetais ou frutos para alimentação, conforme informações repassadas pela SCPAr Porto de Imbituba.

- Inalação em ambientes abertos a partir do solo subsuperficial.

Justificativa: de acordo com os dados analíticos considerados, não foram identificados compostos em concentrações acima dos valores de investigação no compartimento solo subsuperficial, nas amostras coletadas em “ambientes abertos”.

- Inalação em ambientes abertos e/ou fechados a partir da água subterrânea.

Justificativa: as SQI para a avaliação de risco identificadas no compartimento ambiental água subterrânea (metais e ânions) não apresentam propriedades de volatilização, conforme o banco de dados das Planilhas CETESB (ex.: pressão de vapor e coeficiente de difusividade no ar). Obs.: Foi identificada uma amostra de água subterrânea com concentração de TPH Total acima dos valores de investigação. No entanto, o parâmetro TPH Total não foi incluído na avaliação quantitativa dos riscos, conforme motivos apresentados no item 7.1.1.

### **Receptores Off-Site:**

- Ingestão e contato dérmico com solo superficial.

Justificativa: de acordo com os dados analíticos considerados, não foram coletadas amostras representativas do compartimento solo superficial nas áreas do entorno do Porto. Além disso, há controle e limitação de acesso à área portuária. Segundo as Planilhas CETESB (2013), estas rotas não são aplicáveis para receptores *off-site*.

- Inalação de particulados e/ou vapores a partir do solo superficial.

Justificativa: de acordo com os dados analíticos considerados, não foram coletadas amostras representativas do compartimento solo superficial nas áreas

---

do entorno do Porto. Além disso, segundo as Planilhas CETESB (2013), a rota “inalação de particulados e/ou de vapores provenientes de solo superficial contaminado” não é aplicável para receptores *off-site* (as Planilhas CETESB não contemplam o cálculo da dispersão atmosférica de poluentes, modelo Gaussiano, para receptores *off-site*).

- Ingestão de vegetais cultivados em solos contaminados.

Justificativa: de acordo com os dados analíticos considerados, não foram coletadas amostras representativas do compartimento solo superficial nas áreas do entorno do Porto.

- Inalação em ambientes abertos e/ou fechados a partir do solo subsuperficial.

Justificativa: de acordo com os dados analíticos considerados, não foram coletadas amostras representativas do compartimento solo subsuperficial nas áreas do entorno do Porto.

- Inalação em ambientes abertos e/ou fechados a partir da água subterrânea.

Justificativa: as SQI para a avaliação de risco identificadas no compartimento ambiental água subterrânea (metais e ânions) não apresentam propriedades de volatilização, conforme o banco de dados das Planilhas CETESB (ex.: pressão de vapor e coeficiente de difusividade no ar).

- Ingestão, inalação e contato dérmico com a água superficial (oceânica) da Praia do Porto e do Canto da Praia da Vila, bem como o consumo de pescados obtidos junto a estas praias.

Justificativa: o compartimento água superficial (oceânica) não foi monitorado em nenhuma campanha do estudo de passivos ambientais. Portanto, não há concentrações de exposição medidas neste compartimento ambiental para quantificação do risco.

Cabe salientar ainda, os seguintes aspectos considerados para a definição das vias de ingresso aplicáveis:

- Não há poço de captação de água subterrânea para consumo instalado no interior da área portuária.

- 
- O abastecimento de água na área do Porto é realizado pela empresa Serrana Engenharia Ltda. e para consumo humano nos prédios administrativos faz-se uso de água mineral envasada.
  - O abastecimento de água nas áreas do entorno do Porto também é realizado pela Serrana Engenharia, e de acordo com informações levantadas junto a alguns moradores, não se tem conhecimento sobre a existência de poços de captação de água subterrânea para consumo no entorno imediato da área portuária.
  - Há controle e limitação de acesso ao Porto.
  - Conforme informações fornecidas pelos técnicos da SCPar Porto de Imbituba, os trabalhadores portuários utilizam Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) de acordo com as normas de segurança do trabalho da SCPar Porto de Imbituba, sendo estabelecido o uso mínimo de capacete, colete refletivo e sapato de segurança. Também é exigido o uso de EPIs de acordo com o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) de cada empresa (operador, arrendatários e terceirizados), onde são estabelecidos os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) específicos para cada função que será executada.
  - As direções preferenciais observadas para o escoamento subterrâneo ocorrem da região central do Porto sentido Praia do Porto e da região central do Porto sentido Canto da Praia da Vila.
  - Para esta avaliação de risco foi considerado apenas o cenário de contaminação quantificado nas etapas de Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada.

## 7.2 Quantificação da Exposição

### 7.2.1 Concentrações nos pontos de exposição

As concentrações das SQI que potencialmente ocorrem nos pontos de exposição podem ser estimadas utilizando:

- Dados de concentrações medidas dos meios afetados pela contaminação (resultados analíticos disponíveis); ou
- Dados obtidos por meio de simulação matemática do transporte de contaminantes.

---

Neste estudo foram aplicadas tanto a primeira forma, para os receptores *on-site*, assumindo-se as condições mais conservadoras para o local, como também foram estimadas as concentrações de exposição na água subterrânea para os receptores *off-site* por meio do modelo de Domenico (modelo de transporte de contaminantes em meio saturado), implementado nas Planilhas CETESB.

Para os receptores *on-site*, as concentrações de exposição foram estimadas a partir dos dados dos monitoramentos realizados na Investigação Confirmatória (FEESC, 2016) e Investigação Detalhada (item 5), ou seja, o risco foi simulado a partir de concentrações medidas em campo, nos pontos de exposição *on-site*, considerando as condições mais conservadoras para o local.

Foram adotadas como concentrações de exposição todas as concentrações, de cada SQI identificada para a avaliação de risco, que ultrapassaram os valores de referência adotados, nas amostras de solo e água subterrânea. Nos casos em que um ponto de exposição apresentou concentrações de um determinado contaminante acima dos valores de referência, tanto na Investigação Confirmatória quanto na Investigação Detalhada, adotou-se como concentração de exposição para esse ponto a maior concentração analítica obtida entre as duas amostras.

Para os receptores *off-site*, as concentrações de exposição foram estimadas por simulação matemática do transporte de contaminantes no meio saturado, a partir das máximas concentrações quantificadas para cada SQI dentro dos limites do Porto (maiores concentrações observadas nas pluma de contaminação), considerando-se as direções preferenciais de fluxo. As simulações foram realizadas com o modelo de Domenico, sem considerar os mecanismos de retardo e biodegradação, adotando-se as menores distâncias, nas direções de fluxo (Figura 9), entre os poços de monitoramento de interesse e os receptores *off-site* (localização considerada: imediatamente após os limites do Porto).

A Tabela 21 apresenta as concentrações de exposição definidas através de dados de monitoramento da área contaminada para os potenciais receptores *on-site*. Já a Tabela 22 apresenta as concentrações de exposição estimadas para os potenciais receptores *off-site* utilizando-se dados de monitoramento associados aos resultados do modelo de Domenico.

**Tabela 21: Concentrações de exposição definidas para os receptores on-site a partir dos dados de monitoramento**

<b>Ponto de Amostragem</b>	<b>SQI</b>	<b>Concentração</b>	<b>Unidade</b>	<b>Campanha</b>
<b>Compartimento Ambiental: Solo</b>				
SD32/0,5m	PCB	2.053,50	mg/kg	IC
<b>Compartimento Ambiental: Água Subterrânea</b>				
PM-02 <sup>(1)</sup>	Boro	0,9228	mg/L	ID
PM-03 <sup>(1)</sup>	Boro	0,5300	mg/L	ID
PM-04 <sup>(1)</sup>	Alumínio	10,3068	mg/L	IC
	Chumbo	0,3488	mg/L	IC
	Ferro	5,0163	mg/L	IC
PM-05 <sup>(1)</sup>	Manganês	0,4994	mg/L	ID
	Nitrato	295,9420	mg/L	ID
PM-06 <sup>(2)</sup>	Alumínio	4,4728	mg/L	ID
PM-07 <sup>(2)</sup>	Níquel	0,0265	mg/L	ID
PM-08 <sup>(2)</sup>	Manganês	0,4596	mg/L	IC
PM-10 <sup>(2)</sup>	Boro	0,5149	mg/L	ID
	Manganês	1,2348	mg/L	ID
PM-11 <sup>(2)</sup>	Alumínio	190,5435	mg/L	ID
	Cádmio	0,0358	mg/L	ID
	Cobalto	0,4320	mg/L	ID
	Ferro	3,5957	mg/L	ID
	Manganês	5,2891	mg/L	ID
	Níquel	0,9746	mg/L	ID
	Zinco	11,4565	mg/L	ID
PM-12 <sup>(2)</sup>	Alumínio	12,2883	mg/L	IC
	Níquel	0,0387	mg/L	IC
	Nitrato	34,1890	mg/L	IC
PM-14 <sup>(2)</sup>	Ferro	2,4826	mg/L	ID
PM-15 <sup>(2)</sup>	Alumínio	11,5870	mg/L	ID
	Boro	2,0370	mg/L	ID
	Manganês	0,6993	mg/L	IC
	Níquel	0,0552	mg/L	ID
	Nitrato	238,9770	mg/L	IC
PM-16 <sup>(2)</sup>	Ferro	6,1975	mg/L	ID
	Manganês	0,7910	mg/L	ID
PM-17 <sup>(2)</sup>	Alumínio	4,7139	mg/L	ID

Fonte: Laudos Analíticos (FEESC, 2016; ANEXO 8)

IC – Investigação Confirmatória (amostragem de solo: dezembro/2015; amostragem de água subterrânea: fevereiro/2016).

ID – Investigação Detalhada (amostragem de solo: abril-maio/2016; amostragem de água subterrânea: maio-junho/2016).

<sup>(1)</sup> PM preexistente. <sup>(2)</sup> PM instalado na investigação confirmatória. <sup>(3)</sup> PM instalado na investigação detalhada.

**Tabela 21: Concentrações de exposição definidas para os receptores on-site a partir dos dados de monitoramento (continuação)**

<b>Ponto de Amostragem</b>	<b>SQI</b>	<b>Concentração</b>	<b>Unidade</b>	<b>Etapa</b>
<b>Compartmento Ambiental: Água Subterrânea</b>				
PM-18 <sup>(2)</sup>	Alumínio	27,2270	mg/L	ID
	Arsênio	0,1884	mg/L	ID
	Ferro	28,8913	mg/L	IC
	Manganês	1,4130	mg/L	IC
	Níquel	0,0278	mg/L	ID
PM-19 <sup>(2)</sup>	Manganês	1,0755	mg/L	ID
PM-22 <sup>(2)</sup>	Boro	0,8755	mg/L	IC
	Manganês	0,5923	mg/L	IC
	Níquel	0,0242	mg/L	ID
	Tálio	0,0933	mg/L	ID
	Zinco	1,1407	mg/L	IC
	Nitrato	253,5840	mg/L	IC
PM-24 <sup>(2)</sup>	Boro	0,5350	mg/L	ID
PM-26 <sup>(2)</sup>	Alumínio	5,3244	mg/L	ID
	Cromo	0,2712	mg/L	ID
	Ferro	446,8370	mg/L	IC
	Manganês	6,1349	mg/L	ID
PM-27 <sup>(3)</sup>	Boro	0,6730	mg/L	ID
	Manganês	1,1005	mg/L	ID
PM-30 <sup>(3)</sup>	Ferro	2,7360	mg/L	ID
	Manganês	2,2057	mg/L	ID
PM-31 <sup>(3)</sup>	Boro	0,6105	mg/L	ID
	Nitrato	274,9860	mg/L	ID
PM-32 <sup>(3)</sup>	Alumínio	29,3619	mg/L	ID
	Chumbo	0,0775	mg/L	ID
	Manganês	2,4954	mg/L	ID
	Nitrato	13,1080	mg/L	ID
PM-33 <sup>(3)</sup>	Manganês	1,6994	mg/L	ID
	Níquel	0,0487	mg/L	ID

Fonte: Laudos Analíticos (FEESC, 2016; ANEXO 8)

IC – Investigação Confirmatória (amostragem de solo: dezembro/2015; amostragem de água subterrânea: fevereiro/2016).

ID – Investigação Detalhada (amostragem de solo: abril-maio/2016; amostragem de água subterrânea: maio-junho/2016).

<sup>(1)</sup> PM preexistente. <sup>(2)</sup> PM instalado na investigação confirmatória. <sup>(3)</sup> PM instalado na investigação detalhada.

**Tabela 21: Concentrações de exposição definidas para os receptores on-site a partir dos dados de monitoramento (continuação)**

<b>Ponto de Amostragem</b>	<b>SQI</b>	<b>Concentração</b>	<b>Unidade</b>	<b>Etapa</b>
<b>Compartimento Ambiental: Água Subterrânea</b>				
PM-34 <sup>(3)</sup>	Alumínio	21,2763	mg/L	ID
	Cobalto	0,1001	mg/L	ID
	Manganês	2,5099	mg/L	ID
	Níquel	0,1988	mg/L	ID
	Zinco	1,2301	mg/L	ID
PM-35 <sup>(3)</sup>	Alumínio	29,7018	mg/L	ID
	Cádmio	0,0436	mg/L	ID
	Ferro	6,4335	mg/L	ID
	Manganês	1,3333	mg/L	ID
	Níquel	0,1414	mg/L	ID
PM-36 <sup>(3)</sup>	Ferro	33,3166	mg/L	ID
	Zinco	1,1974	mg/L	ID
PM-37 <sup>(3)</sup>	Alumínio	8,4011	mg/L	ID
	Manganês	0,6476	mg/L	ID
	Níquel	0,0237	mg/L	ID
PM-38 <sup>(3)</sup>	Alumínio	10,0109	mg/L	ID
	Ferro	13,2293	mg/L	ID
	Manganês	0,4954	mg/L	ID
	Níquel	0,0216	mg/L	ID

Fonte: Laudos Analíticos (FEESC, 2016; ANEXO 8)

IC – Investigação Confirmatória (amostragem de solo: dezembro/2015; amostragem de água subterrânea: fevereiro/2016).

ID – Investigação Detalhada (amostragem de solo: abril-maio/2016; amostragem de água subterrânea: maio-junho/2016).

<sup>(1)</sup> PM preexistente. <sup>(2)</sup> PM instalado na investigação confirmatória. <sup>(3)</sup> PM instalado na investigação detalhada.

Tabela 22: Concentrações de exposição definidas para os receptores off-site a partir de simulação matemática com o modelo de Domenico

SQI	Concentração máxima (mg/L) (1)	Poço de monitoramento	Campanha	Distância (m) (2)	Gradiente hidráulico (m/m)	K (cm/s) (3)	Porosidade efetiva (-) (4)	Concentração de exposição (mg/L) (5)	
								Receptores off-site	
								Trabalhadores de obras	
								Fronteira sul	Fronteira norte
<b>Compartmento Ambiental: Água Subterrânea</b>									
Alumínio	190,5435	PM-11	ID	130	0,0065	$7,39 \times 10^{-4}$	0,0796	11,6	-
	27,2270	PM-18	ID	55	0,0055	$1,03 \times 10^{-3}$	0,0796	-	6,87
Arsênio	0,1884	PM-18	ID	55	0,0055	$1,03 \times 10^{-3}$	0,0796	-	0,0475
Boro	2,0370	PM-15	ID	470	0,0076	$6,15 \times 10^{-4}$	0,0796	0,0102	-
	0,6730	PM-27	ID	60	0,0027	$1,46 \times 10^{-3}$	0,0796	-	0,15
Cádmio	0,0436	PM-35	ID	25	0,0024	$6,55 \times 10^{-4}$	0,0796	0,0251	-
Chumbo	0,3488	PM-04	IC	270	0,0106	$1,03 \times 10^{-3}$	0,0796	0,00524	-
Cobalto	0,4320	PM-11	ID	130	0,0065	$7,39 \times 10^{-4}$	0,0796	0,0264	-
Cromo	0,2712	PM-26	ID	80	0,0040	$9,47 \times 10^{-4}$	0,0796	-	0,0389
Ferro	446,8370	PM-26	IC	80	0,0040	$9,47 \times 10^{-4}$	0,0796	-	64,1
	33,3166	PM-36	ID	25	0,0016	$2,46 \times 10^{-3}$	0,0796	19,2	-
Manganês	6,1349	PM-26	ID	80	0,0040	$9,47 \times 10^{-4}$	0,0796	-	0,88
	5,2891	PM-11	ID	130	0,0065	$7,39 \times 10^{-4}$	0,0796	0,323	-
Níquel	0,9746	PM-11	ID	130	0,0065	$7,39 \times 10^{-4}$	0,0796	0,0595	-
	0,0278	PM-18	ID	55	0,0055	$1,03 \times 10^{-3}$	0,0796	-	0,00701
Zinco	11,4565	PM-11	ID	130	0,0065	$7,39 \times 10^{-4}$	0,0796	0,70	-
Nitrato	274,9860 (6)	PM-31	ID	405	0,0094	$7,08 \times 10^{-4}$	0,0796	1,85	-

Fonte: Elaboração própria

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam concentrações acima dos valores de referência considerados. Em função das direções preferenciais de fluxo, da localização dos potenciais receptores off-site identificados, e da localização da ocorrência pontual de Tálío acima do valor de intervenção (PM-22), não foi simulado o transporte desta SQI.

(1) Maiores concentrações observadas para cada SQI nas plumas de contaminação, considerando-se as direções preferenciais de fluxo (Figuras 23 a 32, 34 e 35).

(2) Menor distância (aproximada) entre o ponto de exposição (receptor off-site) e o poço de monitoramento na direção de fluxo.

(3) Condutividade hidráulica média (harmônica) na direção de fluxo.

(4) Resultado do ensaio de porosidade efetiva da amostra PM-34/1,0m (ANEXO 8).

(5) Concentrações simuladas com o modelo de Domenico (sem considerar os mecanismos de retardo e biodegradação).

(6) Em função das direções preferenciais de fluxo, foi considerada para o Nitrato a segunda maior concentração quantificada dentro dos limites do Porto.

IC: Investigação Confirmatória. ID: Investigação Detalhada.

---

## 7.2.2 Quantificação do ingresso

O cálculo do ingresso (fração da SQI que está na interface de contato com o organismo exposto e disponível para absorção, expresso pela massa de SQI por massa corpórea e unidade de tempo, considerando as diferentes vias de ingresso), foi realizado por meio da equação genérica abaixo:

$$I = C \times FE = C \times \frac{IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (1)$$

Em que, *I* é o ingresso ou quantidade de contaminante que ingressa no organismo humano por um Caminho de Exposição [ $\text{mg} \cdot (\text{kg} \cdot \text{dia})^{-1}$ ]; *C* representa a concentração do contaminante no meio focado – concentração de exposição [ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  ou  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]; *FE* refere-se ao fator de exposição, composto por: *IR* corresponde a taxa de contato com o meio focado [ $\text{L} \cdot \text{dia}^{-1}$ ,  $\text{mg} \cdot \text{dia}^{-1}$  ou  $\text{m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ ]; *EF* é a frequência de exposição [ $\text{dias} \cdot \text{ano}^{-1}$ ]; *ED* é a duração da exposição [ano]; *BW* corresponde à massa corpórea [kg]; e *AT* refere-se ao período de exposição [ano].

A Tabela 23 apresenta os parâmetros de exposição definidos para os potenciais receptores *on-site* e *off-site* identificados para esta avaliação de risco, necessários à quantificação do ingresso. Estes parâmetros são sugeridos pela CETESB (2013) por meio das Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação<sup>3</sup>.

Para os trabalhadores da área portuária foram utilizados os parâmetros de exposição apresentados na Planilha CETESB “Trabalhador Comercial e Industrial”. Os parâmetros adotados para os trabalhadores de eventuais obras foram extraídos da Planilha CETESB “Trabalhador em Obras Cíveis e de Escavação”.

## 7.2.3 Parâmetros físicos do meio

Para as rotas de exposição aplicáveis identificadas neste estudo foi necessário calcular os fatores de transporte “Fator de volatilização de partículas a partir do solo superficial”, “Fator de volatilização de vapores a partir do solo superficial” e o “Fator de volatilização em ambientes fechados a partir do solo subsuperficial” para se determinar as doses de ingressos correspondentes. Desta forma, foi necessário levantar

---

<sup>3</sup> Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 de junho de 2016.

---

os parâmetros físicos do meio (Tabela 24) e as propriedades físico-químicas dos contaminantes (item 7.2.4).

Para os parâmetros físicos do meio foram considerados os dados obtidos nas investigações confirmatória e detalhada e os valores *default* apresentados nas Planilhas CETESB (2013).



Tabela 23: Parâmetros de exposição definidos para os potenciais receptores on-site e off-site

Parâmetros		Receptores on-site		Receptores off-site
		Trabalhadores comerciais/ industriais	Trabalhadores de obras	Trabalhadores de obras
Tempo médio para efeitos carcinogênicos (anos)	ATc	72	72	72
Tempo médio para efeitos não carcinogênicos (anos)	ATn	25	2	2
Massa corpórea (kg)	BW	70	70	70
Duração da exposição (anos)	ED	25	2	2
Frequência da exposição (dias/ano)	EF	290	290	290
Fator de aderência do solo na pele (mg/cm <sup>2</sup> .evento)	AF	0,20	0,20	0,20
Fração ingerida da fonte de contaminação – solo (-)	FI	1	1	1
Área superficial da pele disponível para contato dérmico – solo e água subterrânea (cm <sup>2</sup> )	SA	2.457	2.457	2.457
Frequência de eventos para contato dérmico com solo (eventos/dia)	EV	1	1	1
Tempo de exposição para inalação de partículas e vapores do solo superficial (h/dia)	ETs	8	8	8
Tempo de exposição para inalação de vapores em ambientes abertos (h/dia)	ETaa	8	8	8
Tempo de exposição para inalação de vapores em ambientes fechados (h/dia)	ETaf	8	8	8
Tempo de exposição contato dérmico com água subterrânea (h/dia)	ETw	2	8	8
Taxa de inalação diária em ambientes abertos (m <sup>3</sup> /h)	IRaamb	1,20	1,20	1,20
Taxa de inalação diária em ambientes fechados (m <sup>3</sup> /h)	IRaesp	1,20	1,20	1,20
Tempo médio do fluxo de vapor a partir da fonte (s)	t	7,88 x 10 <sup>8</sup>	6,31 x 10 <sup>7</sup>	6,31 x 10 <sup>7</sup>
Taxa de ingestão diária de solo (mg/dia)	IRs	50	200	200
Taxa de ingestão diária de água (L/dia) <sup>(1)</sup>	IRw	1,0	1,0	1,0

Fonte: Planilhas CETESB (2013)

<sup>(1)</sup> Para os cenários de ingestão acidental de água subterrânea também foram considerados os valores de “taxa de ingestão diária de água” sugeridos pela CETESB (2013) – o banco de dados dos parâmetros de exposição contido nas Planilhas CETESB é bloqueado para edição. Para os cenários de ingestão acidental, estes valores são ainda mais conservadores.



**Tabela 24: Propriedades físicas do meio local (área do Porto de Imbituba)**

Parâmetro		Valor	Referência
Taxa de emissão de partículas (g/cm <sup>2</sup> .s)	$P_a$	$6,90 \times 10^{-14}$	CETESB, 2013
Largura do solo superficial impactado (cm)	$W_s$	4.500	CETESB, 2013
Velocidade do ar na zona de respiração (cm/s)	$U_{ar}$	100	CETESB, 2013
Altura da zona de mistura do ar em ambiente aberto (cm)	$\delta_{ar}$	200	CETESB, 2013
Espessura do solo superficial impactado (cm)	$L_s$	55	FEESC, 2016
Profundidade da fonte no solo subsuperficial (cm)	$L_{ss}$	1,00	FEESC, 2016
Largura do solo subsuperficial impactado (cm)	$W_{ss}$	4.500	CETESB, 2013
Espessura do Solo Subsuperficial Impactado (cm)	$d_{ss}$	54	FEESC, 2016
Espessura da franja capilar (cm)	$h_{cap}$	5	CETESB, 2013
Porosidade total (-)	$\theta_T$	0,363	Tabela 15
Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$	1,59	Tabela 15
Fração de carbono orgânico no solo g-C/g-solo	$f_{oc}$	0,01315	Tabela 15
Área das fundações (cm <sup>2</sup> )	$A_b$	200.000	CETESB, 2013
Pé direito (cm)	$L_b$	300 <sup>(1)</sup> 250 <sup>(2)</sup>	CETESB, 2013
Espessura das fundações/paredes de construções (cm)	$L_{crk}$	15	CETESB, 2013
Profundidade da base das fundações	$Z_{crk}$	15	CETESB, 2013
Fração da área de rachaduras/fendas nas fundações/paredes (-)	$\eta$	0,01	CETESB, 2013
Razão de troca de ar em espaços fechados (1/seg)	$ER$	$1,39 \times 10^{-4}$	CETESB, 2013

Fonte: Planilhas CETESB (2013)

(1) Trabalhador comercial/industrial.

(2) Trabalhador em obras civis e de escavação.

#### 7.2.4 Propriedades físico-químicas dos contaminantes

A Tabela 25 apresenta as propriedades físico-químicas das SQI da avaliação de risco extraídas do banco de dados das Planilhas CETESB (2013).

Cabe destacar que não foram adotadas outras referências além da CETESB (2013), pois não seria possível inserir parâmetros de outras referências uma vez que o banco de dados físico-químico das Planilhas CETESB é bloqueado para a edição.



Tabela 25: Propriedades físico-químicas das substâncias químicas alvos da avaliação de risco

SQI	CAS N.º	Classe	Peso Molecular (g/mol)	Coefficiente da Lei de Henry (-)	Densidade (g/mL)	Coefficiente de Partição carbono orgânico (L/kg)	Solubilidade em água (mg/L)	Coefficiente de difusão no ar (cm <sup>2</sup> /s)	Coefficiente de difusão na água (cm <sup>2</sup> /s)	Constante de permeabilidade dérmica (cm/h)	Log of Octanol-Water Partition Coefficient (-)	Pressão de Vapor (Pa)	Meia Vida (ano)
Alumínio	7429-90-5	Inorgânico	26,98	-	2,70 x 10 <sup>0</sup>	-	-	-	-	0,0010	-	-	-
Arsênio	7440-38-2	Inorgânico	74,92	-	5,75 x 10 <sup>0</sup>	-	-	-	-	0,0010	-	-	-
Boro	7440-42-8	Inorgânico	13,84	-	2,34 x 10 <sup>0</sup>	-	-	-	-	0,0010	-	-	-
Cádmio	7440-43-9	Inorgânico	112,41	-	8,69 x 10 <sup>0</sup>	-	-	-	-	0,0010	-	-	-
Chumbo	7439-92-1	Inorgânico	207,20	-	1,13 x 10 <sup>1</sup>	-	-	-	-	0,0001	-	-	-
Cobalto	7440-48-4	Inorgânico	58,93	-	8,86 x 10 <sup>0</sup>	-	-	-	-	0,0004	-	-	-
Cromo <sup>(1)</sup>	18540-29-9	Inorgânico	52,00	-	-	-	1,69 x 10 <sup>6</sup>	-	-	0,0020	-	-	-
Ferro	7439-89-6	Inorgânico	55,85	-	7,87 x 10 <sup>0</sup>	-	-	-	-	0,0010	-	-	-
Manganês	7439-96-5	Inorgânico	54,94	-	7,30 x 10 <sup>0</sup>	-	-	-	-	0,0010	-	-	-
Níquel	7440-02-0	Inorgânico	58,69	-	8,90 x 10 <sup>0</sup>	-	-	-	-	0,0002	-	-	-
Tálio	7440-28-0	Inorgânico	204,38	-	1,18 x 10 <sup>1</sup>	-	-	-	-	0,0010	-	-	-
Zinco	7440-66-6	Inorgânico	65,38	-	7,13 x 10 <sup>0</sup>	-	-	-	-	0,0006	-	-	-
PCB	1336-36-3	Orgânico	291,99	7,77 x 10 <sup>-3</sup>	-	7,81 x 10 <sup>4</sup>	7,00 x 10 <sup>-1</sup>	4,32 x 10 <sup>-2</sup>	5,04 x 10 <sup>-6</sup>	0,5450	-	2,47 x 10 <sup>-4</sup>	-
Nitrato	14797-55-8	Inorgânico	62,00	-	-	-	-	-	-	0,0010	-	-	-

Fonte: Planilhas CETESB (2013)

<sup>(1)</sup> Propriedades físico-químicas e CAS N.º do Cromo VI (CETESB, 2013).



---

### 7.2.5 Modelo conceitual de exposição

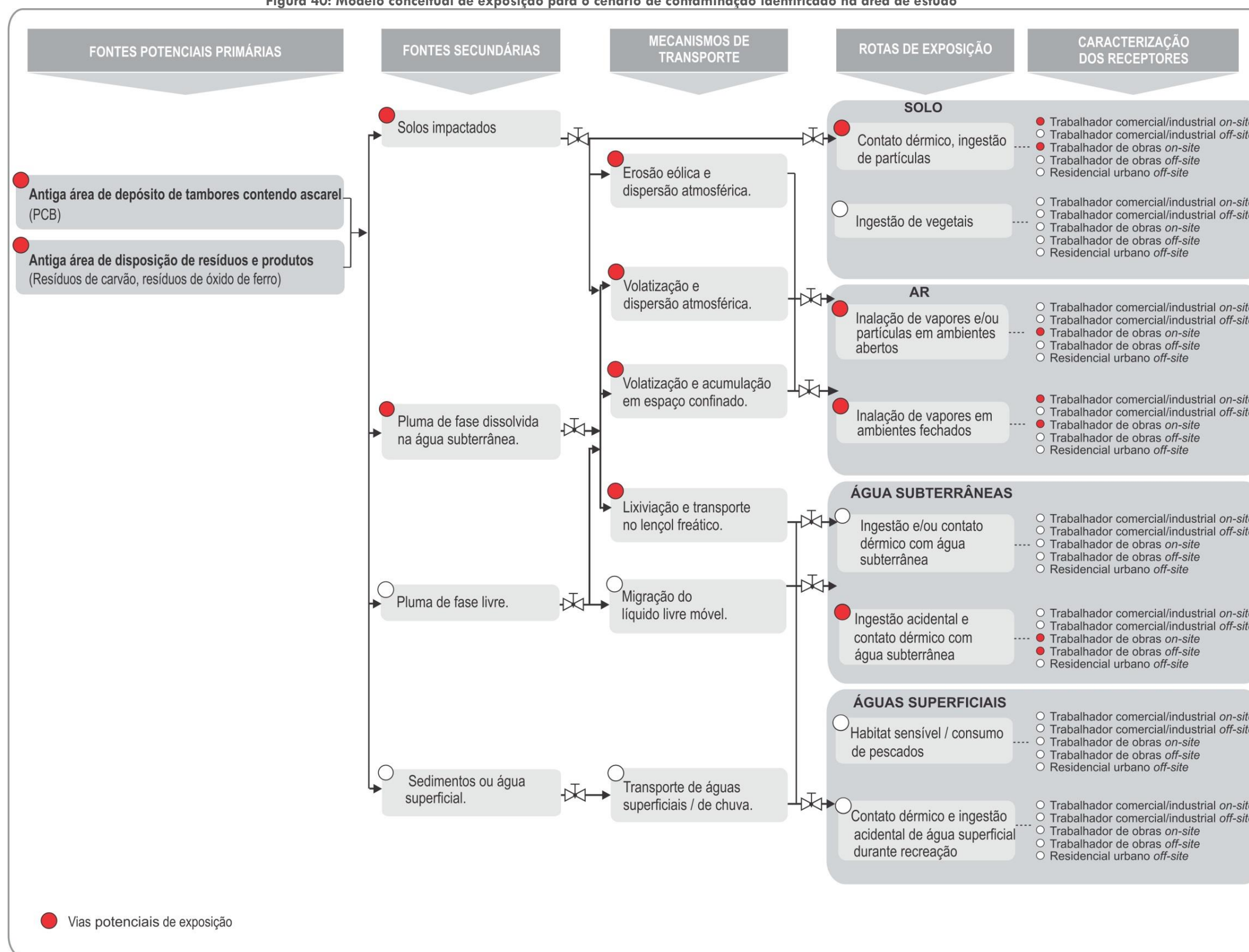
O modelo conceitual de exposição (MCE) constitui uma síntese das informações relativas à área de estudo, onde se pode identificar a localização da contaminação, o transporte e distribuição dos SQI desde as fontes primárias ou secundárias até os pontos de exposição e sua relação com os receptores existentes, representando o conjunto de cenários de exposição presentes na área de interesse (ABNT NBR 16209:2013).

A partir da compilação dos dados fornecidos sobre o cenário de contaminação (campanhas de monitoramento realizadas na Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada), foi possível estabelecer o MCE da área de interesse em função do uso do solo atual e futuro estimado (Figura 40). Com base neste modelo conceitual foram realizadas as simulações do risco para as rotas de exposição.

Deve ser observado que as rotas de ingresso, associadas aos trabalhadores da área portuária, incluindo os trabalhadores de obras *on-site*, são conservadoras. Estas rotas não se completarão no caso do uso de EPIs adequados.



Figura 40: Modelo conceitual de exposição para o cenário de contaminação identificado na área de estudo





---

## 8 Análise de Toxicidade

A análise de toxicidade consiste na seleção de dados toxicológicos para as substâncias químicas de interesse, de modo a possibilitar a interpretação dos possíveis efeitos adversos à saúde humana, associados a um evento de exposição. As vias de ingresso, a suscetibilidade do receptor, as características físico-químicas dos contaminantes, a duração da exposição e o tipo de receptor (residencial urbano ou rural, trabalhador em obras e escavações, industrial ou comercial) são fatores importantes nessa análise.

Neste estudo, os substâncias químicas alvos da avaliação de risco são: **PCB, Alumínio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Tálcio, Zinco e Nitrato**. Conforme destacado no item 7.1.1, as substâncias TPH Total, Sódio e Coliformes Termotolerantes foram excluídos da avaliação quantitativa de risco em virtude da ausência de parâmetros toxicológicos.

De acordo com a ABNT NBR 16209 (2013), o primeiro passo na identificação dos efeitos adversos à saúde humana é a caracterização das substâncias químicas quanto aos seus efeitos carcinogênicos ou não carcinogênicos.

Os parâmetros utilizados na descrição da relação quantitativa entre concentração e extensão do dano causado ao organismo pelos contaminantes são o fator de carcinogenicidade (*SF – slope factor*), para efeitos carcinogênicos, e a dose de referência (*RfD – reference dose*), para efeitos não carcinogênicos.

O fator de carcinogenicidade representa o risco produzido pela exposição diária durante toda a vida a 1 mg/kg.dia do composto tóxico. A dose de referência representa a estimativa de uma quantidade de composto tóxico, expressa por meio do peso corpóreo (mg/kg ou µg/kg), que pode ser ingerida diariamente durante toda a vida sem oferecer riscos à saúde. Exposições superiores aos valores de referência toxicológicos (*SF* e *RfD*) podem representar risco para saúde.

A Tabela 26 apresenta os critérios de toxicidade adotados para os contaminantes alvos deste estudo de avaliação de risco.

Em relação ao parâmetro Chumbo, foi realizada consulta à USEPA – Integrated Risk Information System – IRIS/EPA (EPA, 2016), no dia 15/08/2016, a qual informou que o Chumbo teve suas informações toxicológicas revisadas, mas os valores de *SF* e *RfD* ainda não foram estimados. A ausência de dados toxicológicos atualizados para o

---

Chumbo pode aumentar as incertezas sobre o risco que esta substância pode oferecer. Contudo, a quantificação do risco para o Chumbo foi realizada com as Planilhas CETESB (2013), a qual é amplamente aceita pela CETESB e demais órgãos ambientais que utilizam esta planilha.

Tabela 26: Valores de SF e RfD adotados para as substâncias químicas alvos da avaliação de risco

SQI	CAS N.º	E.C. (1)	C. C. (2)	Efeitos deletérios (3)	RfD <sub>o</sub>	RfD <sub>i</sub>	RfD <sub>a</sub>	SF <sub>o</sub>	SF <sub>i</sub>	SF <sub>a</sub>	ABS <sub>o</sub>	ABS <sub>a</sub>
					mg.(kg-dia) <sup>-1</sup>			(mg.(kg-dia) <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup>			(-)	
Alumínio	7429-90-5	NC	-	Possível associação entre Mal de Alzheimer e alumínio na água; pouca indicação de ser tóxico por via oral na exposição a curto prazo, apesar de sua ampla ocorrência em alimentos, água potável e muitas fórmulas antiácidas	1,00x10 <sup>0</sup>	1,43x10 <sup>-3</sup>	1,00x10 <sup>0</sup>	-	-	-	1,0	-
Arsênio	7440-38-2	C	A	Dor abdominal, vômito, diarreia, vermelhidão da pele, dor muscular e fraqueza; dormência e formigamento das extremidades, câibras e pápula eritematosa; lesões dérmicas, como hiper e hipopigmentação, neuropatia periférica, câncer de pele, bexiga e pulmão, e doença vascular periférica	3,00x10 <sup>-4</sup>	4,29x10 <sup>-6</sup>	3,00x10 <sup>-4</sup>	1,50x10 <sup>0</sup>	1,51x10 <sup>1</sup>	1,50x10 <sup>0</sup>	1,0	0,030
Boro	7440-42-8	NC	-	Pessoas que trabalham na extração e processamento de boratos reportaram irritação no nariz, garganta e olhos; esta irritação não persistiu por longos períodos após cessada a exposição por inalação. A ingestão de grandes quantidades em curtos períodos pode afetar o estômago, intestino, fígado, rim e cérebro e pode eventualmente conduzir à morte. Estudos em cães, ratos e camundongos indicaram que os órgãos reprodutores masculinos, especialmente os testículos, são afetados pela ingestão de grandes quantidades de boro por curtos ou longos períodos. As doses que produziram tais efeitos em animais são mais de 1.800 vezes maior do que o ingresso médio diário de boro via alimentos por adultos na população norte-americana. Não foram encontradas evidências de câncer em estudo que ratos receberam ácido bórico na dieta durante toda a sua vida (ATSDR, 2010)	2,00x10 <sup>-1</sup>	5,71x10 <sup>-3</sup>	2,00x10 <sup>-1</sup>	-	-	-	1,0	-
Cádmio	7440-43-9	C	B1	Náuseas, vômitos, diarreias e dores abdominais; extrema dor, dano renal e fragilidade óssea; pneumonite química e edema pulmonar; principais efeitos observados na exposição crônica são doença pulmonar crônica obstrutiva e enfisema, além de distúrbio crônico dos túbulos renais; cancerígeno para o ser humano, com base em evidência de tumores pulmonares em trabalhadores e animais expostos por via inalatória	5,00x10 <sup>-4</sup>	5,71x10 <sup>-6</sup>	2,50x10 <sup>-5</sup>	-	6,30x10 <sup>0</sup>	-	0,05	0,001
Chumbo	7439-92-1	C	B2	Pode afetar quase todos os órgãos, sendo o sistema nervoso central mais sensível, tanto em crianças quanto em adultos; principais efeitos da exposição ao chumbo inorgânico são: fraqueza, irritabilidade, astenia, náusea, dor abdominal com constipação e anemia; os compostos inorgânicos de chumbo são classificados como prováveis cancerígenos para o ser humano, com base em estudos com animais que apresentaram tumores renais quando expostos a altas concentrações desses compostos na dieta. Os compostos orgânicos de chumbo (não classificáveis quanto a oncogenicidade) se comportam como gases no trato respiratório e são mais absorvidos que as partículas de chumbo inorgânico, sendo absorvidos também através da pele	3,60x10 <sup>-3</sup>	-	3,60x10 <sup>-3</sup>	-	-	-	1,0	-
Cobalto	7440-48-4	C	-	A exposição aguda a altos níveis de cobalto no ar resulta em efeitos respiratórios, como diminuição da função ventilatória, congestão, edema e hemorragia dos pulmões. Trabalhadores que inalam altas concentrações de cobalto podem apresentar a doença pneumoconiose por metal duro, uma forma progressiva de fibrose intersticial pulmonar. Na exposição dérmica os trabalhadores podem, às vezes, apresentar dermatite alérgica. A exposição por via oral pode causar efeitos gastrintestinais (náusea, vômito e diarreia) e no sangue, dano ao fígado e dermatite alérgica. Classificado como possível cancerígeno para o ser humano	3,00x10 <sup>-4</sup>	1,71x10 <sup>-6</sup>	3,00x10 <sup>-4</sup>	-	3,15x10 <sup>1</sup>	-	1,0	-
Cromo <sup>(4)</sup>	18540-29-9	C	-	A principal via de exposição da população em geral é a ingestão de alimentos e água contaminados pelo cromo, enquanto na exposição ocupacional é a inalação, também podendo ocorrer dermatites por contato com a pele. Os compostos de Cr <sup>6+</sup> são mais tóxicos aos humanos do que o Cr <sup>3+</sup> . A exposição aguda ao Cr <sup>6+</sup> produz náuseas, diarreias, danos no fígado e rins, hemorragias internas, dermatites e problemas respiratórios, enquanto que a exposição aguda ao Cr <sup>3+</sup> raramente reflete em efeitos tóxicos. Exposições crônicas geralmente estão associadas com alergias. Intoxicação por ingestão de cromo pode provocar necrose no fígado e rim. A inalação pode provocar irritações do trato respiratório, ulceração ou perfurações no septo nasal. Também foram reportadas bronquite, rinite e pneumonia. De acordo com EPA (1996) não há dados adequados para determinar o potencial de carcinogenicidade do Cr <sup>3+</sup> . No entanto, existe evidência de carcinogenicidade pela inalação de Cr <sup>6+</sup>	3,00x10 <sup>-3</sup>	2,86x10 <sup>-5</sup>	7,50x10 <sup>-5</sup>	5,00x10 <sup>-1</sup>	2,94x10 <sup>2</sup>	2,00x10 <sup>1</sup>	0,025	-

Fonte: Planilhas CETESB (2013)

(1) Evidência de câncer (C = carcinogênico; NC = não carcinogênico); (2) Classificação de carcinogenicidade – *Integrated Risk Information System – IRIS/EPA* (EPA, 2016); (3) Fichas de Informação Toxicológica – CETESB (SÃO PAULO, 2016); (4) Em virtude da ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III. (-) Dado inexistente nas referências indicadas.



Tabela 26: Valores de SF e RfD adotados para as substâncias químicas alvos da avaliação de risco (continuação)

SQI	CAS N.º	E.C. (1)	C. C. (2)	Efeitos deletérios (3)	RfD <sub>o</sub>	RfD <sub>i</sub>	RfD <sub>d</sub>	SF <sub>o</sub>	SF <sub>i</sub>	SF <sub>d</sub>	ABS <sub>oI</sub>	ABS <sub>d</sub>
					mg.(kg-dia) <sup>-1</sup>			(mg.(kg-dia) <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup>			(-)	
Ferro	7439-89-6	NC	-	A ingestão de água com alta concentração de ferro pode provocar diarreia e vômito. Altas concentrações podem conferir cor e sabor à água, manchando roupas e utensílios sanitários; também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. No corpo humano, o ferro atua na formação da hemoglobina. Sua carência pode causar anemia e seu excesso pode aumentar a incidência de problemas cardíacos e diabetes. O acúmulo de ferro no fígado, no pâncreas e no coração pode levar a cirrose e tumores hepáticos, diabetes <i>mellitus</i> e insuficiência cardíaca, respectivamente (ALVES OLIVEIRA et al., 2004)	7,00x10 <sup>-1</sup>	-	7,00x10 <sup>-1</sup>	-	-	-	1,0	-
Manganês	7439-96-5	NC	D	Trabalhadores expostos cronicamente a aerossóis e poeiras contendo altas concentrações do metal apresentaram tosse, náusea, cefaleia, fadiga, perda do apetite, insônia e inflamação nos pulmões que podem levar a pneumonia química. A exposição a níveis muito elevados pode resultar em efeitos neurológicos e neuropsiquiátricos, como alucinações, instabilidade emocional, fraqueza, distúrbios de comportamento e da fala, que culminam em uma doença denominada manganismo. Com a progressão da doença tem-se alteração na expressão facial, tremores, ataxia, rigidez muscular e distúrbios de marcha. Pouco se sabe sobre a toxicidade dos compostos de manganês, no entanto, as evidências indicam que vários desses compostos podem induzir efeitos neurológicos, observados na exposição crônica humana via inalatória e na exposição crônica e intermediária de animais expostos por via oral	2,40x10 <sup>-2</sup>	1,43x10 <sup>-5</sup>	9,60x10 <sup>-4</sup>	-	-	-	0,04	-
Níquel	7440-02-0	C	-	Redução do peso corpóreo e dos órgãos. A exposição dérmica pode causar dermatite de contato. Trabalhadores que consumiram acidentalmente água contendo 250 ppm de níquel apresentaram dor de estômago e alterações sanguíneas (aumento de glóbulos vermelhos) e renais (perda de proteínas na urina). Essa concentração é 100.000 vezes maior do que a encontrada normalmente na água potável. Efeitos graves, como bronquite crônica, diminuição da função pulmonar e câncer nos pulmões e seios nasais, foram observados em trabalhadores de refinarias e indústrias de processamento de níquel. O níquel metálico e ligas são classificados como possíveis cancerígenos para o ser humano e os compostos de níquel como cancerígenos para o ser humano	2,00x10 <sup>-2</sup>	2,57x10 <sup>-5</sup>	8,00x10 <sup>-4</sup>	-	9,10x10 <sup>-1</sup>	-	0,04	-
Tálio	7440-28-0	NC	-	Dentro do organismo, os íons de tálio "se fazem passar" por potássio, instalando-se nas células, prejudicando seu funcionamento. Isso ocorre principalmente no sistema nervoso, podendo resultar em insônia, depressão profunda e "desejo" de morrer. Também ataca os testículos e o coração, e pode causar paralisia muscular (NOGUEIRA, 2005)	1,00x10 <sup>-5</sup>	-	1,00x10 <sup>-5</sup>	-	-	-	1,00	-
Zinco	7440-66-6	NC	D	A inalação de grandes quantidades de zinco, na forma de poeiras ou fumos, pode causar uma enfermidade de curta duração denominada febre do fumo metálico, que geralmente é reversível uma vez cessada a exposição. Trabalhadores expostos a fumos e poeiras de zinco apresentaram desconforto pulmonar, febre, calafrios e gastroenterite, no entanto, pouco se sabe sobre os efeitos da exposição crônica. A ingestão aguda de altas doses pode provocar cólicas estomacais, náuseas e vômitos. A ingestão de altas doses por vários meses pode causar anemia, dano ao pâncreas e diminuição do colesterol HDL.	3,00x10 <sup>-1</sup>	-	3,00x10 <sup>-1</sup>	-	-	-	1,0	-
Bifenilas Policloradas Totais (PCB)	1336-36-3	C	B2	Apresentam ampla gama de mecanismos de ação para o desenvolvimento de efeitos tóxicos, que variam com o grau de halogenação e com a conformação molecular. Estudos epidemiológicos da exposição crônica às PCB encontraram alterações hepáticas, imunológicas, oculares, dérmicas e na tireoide, efeitos neurocomportamentais, redução do peso ao nascer, toxicidade reprodutiva e aumento na incidência de tumores.	-	-	-	2,00x10 <sup>0</sup>	2,00x10 <sup>0</sup>	2,00x10 <sup>0</sup>	1,0	0,140
Nitrato	14797-55-8	NC	-	A toxicidade dos nitratos é principalmente atribuída à sua redução a nitrito. O maior efeito biológico dos nitritos é o seu envolvimento na oxidação da hemoglobina a metahemoglobina. Concentrações de nitrato elevadas causam metahemoglobinemia severa em recém-nascidos e adultos (VALE & HAIE, 2006).	1,60x10 <sup>0</sup>	-	1,60x10 <sup>0</sup>	-	-	-	1,0	-

Fonte: Planilhas CETESB (2013)

(1) Evidência de câncer (C = carcinogênico; NC = não carcinogênico); (2) Classificação de carcinogenicidade – *Integrated Risk Information System – IRIS/EPA (EPA, 2016)*; (3) Fichas de Informação Toxicológica – CETESB (SÃO PAULO, 2016); (4) Em virtude da ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III. (-) Dado inexistente nas referências indicadas.



---

## 9 Caracterização do Risco

Conforme estabelecido pela norma ABNT NBR 16209:2013, a etapa de caracterização do risco compreende a quantificação do risco à saúde humana.

Na quantificação do risco, foram considerados os efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos de cada contaminante para cada rota de exposição identificada no Modelo Conceitual de Exposição da área de estudo (Figura 40). Além disso, os riscos foram quantificados assumindo as exposições individuais para cada substância química de interesse e exposições simultâneas para múltiplas substâncias químicas de interesse.

A seguir são apresentados os resultados das simulações do risco realizadas com as Planilhas CETESB, versão maio de 2013. Os dados de entrada e de saída das Planilhas CETESB são apresentados no ANEXO 12.

### **Quantificação do risco para os potenciais receptores localizados dentro dos limites do Porto (On-Site)**

#### a. Trabalhadores da área portuária (comercial/industrial)

A Tabela 27 apresenta os resultados da simulação do risco carcinogênico para os trabalhadores do Porto. Destaca-se que a substância química associada aos cenários de exposição definidos para este potencial receptor não apresenta valores de RfD.

No caso de trabalhadores do Porto se instalarem na área da “toca do rato” (cenário hipotético futuro), foi quantificada a existência de potencial risco carcinogênico acima de  $1,00 \times 10^{-5}$  (risco aceitável) para as rotas contato dérmico e inalação em ambientes fechados a partir do solo, devido à presença de PCB neste compartimento (Tabela 27).

Em relação à quantificação do risco a partir da via de inalação, observa-se que foi necessário estimar uma concentração de exposição no ar a partir da concentração medida em solo, considerando parâmetros do meio físico tabelados pela CETESB (cenário conservador).

Cabe salientar que o local onde foi coletada a amostra SD-32 (“toca do rato”) encontra-se, atualmente, sem a presença contínua dos potenciais receptores. Neste local encontravam-se depositados tambores contendo ascarel, os quais já foram removidos (ANEXO 11). No entanto, a edificação ainda é utilizada para depósito de diversos materiais.

**Tabela 27: Resultados da simulação do risco carcinogênico para trabalhadores comerciais/industriais do Porto (on-site)**

Localização	SQI	Via de ingresso		Total
		Solo		
		Inalação em ambientes fechados	Contato dérmico	
SD-32	PCB	$8,93 \times 10^{-5}$	$1,11 \times 10^{-3}$	$1,20 \times 10^{-3}$

Fonte: Resultados da simulação matemática do risco à saúde humana (ANEXO 12)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam valores de risco acima do valor de referência  $1,00 \times 10^{-5}$  adotado para a quantificação do risco para efeitos carcinogênicos (CETESB, 2007).

#### b. Trabalhadores de obras

Os resultados da simulação do risco efetuada para os trabalhadores de eventuais obras (atuais e futuras) localizados dentro dos limites do Porto (on-site) são apresentados nas Tabelas 28 e 29.

No caso de eventuais obras em que trabalhadores de obras venham a ter contato com a contaminação, foi observada a existência de potencial risco carcinogênico acima do valor de referência ( $1,00 \times 10^{-5}$ ) para as rotas contato dérmico, ingestão (acidental) e inalação de vapores a partir do solo, devido à presença de PCB neste compartimento, e contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea, devido à presença das substâncias Arsênio e Cromo na água subterrânea (Tabela 28).

Os índices de perigo calculados indicam que também haveria potencial risco não carcinogênico a estes receptores, acima do critério adotado (1,00), para as vias de ingresso contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea, devido à presença de Alumínio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês, Tálcio e Nitrato na água subterrânea (Tabela 29).

Em relação aos resultados obtidos para a simulação do risco, é importante destacar, novamente, os seguintes aspectos:

- Não há poços de captação de água subterrânea instalados no interior da área portuária.
- O abastecimento de água na área do Porto é realizado pela empresa Serrana Engenharia Ltda. e para consumo humano nos prédios administrativos faz-se uso de água mineral envasada.

- 
- Os valores da “taxa de ingestão diária de água” da CETESB (2013) considerados para os cenários de ingestão acidental de água são conservadores, potencializando eventuais situações de risco.
  - Em relação ao Cromo, cabe salientar que devido à ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III.
  - Para a quantificação do risco a partir da via de inalação, foi necessário estimar uma concentração de exposição no ar a partir da concentração medida em solo, considerando parâmetros do meio físico tabelados pela CETESB na ausência de dados específicos da área de estudo (cenário conservador).
  - No caso de trabalhadores de obras atuarem na área contaminada, as rotas de exposição à contaminação serão eliminadas se os trabalhadores utilizarem EPIs adequados, evitando assim que estas rotas se completem, principalmente em relação às vias de ingresso contato dérmico, ingestão (acidental) e inalação de vapores a partir do solo e, contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea.

**Tabela 28: Resultados da simulação do risco carcinogênico para trabalhadores de obras localizados dentro dos limites do Porto (on-site)**

Localização	SQI	Via de ingresso							Total
		Solo					Água Subterrânea		
		Inalação de vapores	Inalação de partículas	Contato dérmico	Ingestão acidental	Inalação em ambientes fechados	Contato dérmico	Ingestão acidental	
SD-32	PCB	6,40 x 10 <sup>-5</sup>	1,93 x 10 <sup>-10</sup>	8,91 x 10 <sup>-5</sup>	2,59 x 10 <sup>-4</sup>	8,58 x 10 <sup>-6</sup>	-	-	4,21 x 10 <sup>-4</sup>
PM-18	Arsênio	-	-	-	-	-	1,75 x 10 <sup>-6</sup>	8,91 x 10 <sup>-5</sup>	9,09 x 10 <sup>-5</sup>
PM-26	Cromo <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-	6,72 x 10 <sup>-5</sup>	4,28 x 10 <sup>-5</sup>	1,10 x 10 <sup>-4</sup>

Fonte: Resultados da simulação matemática do risco à saúde humana (ANEXO 12)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam valores de risco acima do valor de referência  $1,00 \times 10^{-5}$  adotado para a quantificação do risco para efeitos carcinogênicos (CETESB, 2007). <sup>(1)</sup> Em virtude da ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III.

**Tabela 29: Resultados da simulação do risco não carcinogênico para trabalhadores de obras localizados dentro dos limites do Porto (on-site)**

Localização	SQI	Via de ingresso		Total
		Água Subterrânea		
		Contato dérmico	Ingestão acidental	
PM-02	Boro	$1,03 \times 10^{-3}$	$5,24 \times 10^{-2}$	$5,34 \times 10^{-2}$
PM-03	Boro	$5,91 \times 10^{-4}$	$3,01 \times 10^{-2}$	$3,07 \times 10^{-2}$
PM-04	Alumínio	$2,30 \times 10^{-3}$	$1,17 \times 10^{-1}$	$1,19 \times 10^{-1}$
	Chumbo	$2,16 \times 10^{-3}$	$1,10 \times 10^0$	$1,10 \times 10^0$
	Ferro	$1,60 \times 10^{-3}$	$8,13 \times 10^{-2}$	$8,29 \times 10^{-2}$
	<b>Total</b>	<b><math>6,06 \times 10^{-3}</math></b>	<b><math>1,30 \times 10^0</math></b>	<b><math>1,30 \times 10^0</math></b>
PM-05	Manganês	$1,16 \times 10^{-1}$	$2,36 \times 10^{-1}$	$3,52 \times 10^{-1}$
	Nitrato	$4,13 \times 10^{-2}$	$2,10 \times 10^0$	$2,14 \times 10^0$
	<b>Total</b>	<b><math>1,57 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>2,34 \times 10^0</math></b>	<b><math>2,49 \times 10^0</math></b>
PM-06	Alumínio	$9,98 \times 10^{-4}$	$5,08 \times 10^{-2}$	$5,18 \times 10^{-2}$
PM-07	Níquel	$1,48 \times 10^{-3}$	$1,50 \times 10^{-2}$	$1,65 \times 10^{-2}$
PM-08	Manganês	$1,07 \times 10^{-1}$	$2,17 \times 10^{-1}$	$3,24 \times 10^{-1}$
PM-10	Boro	$5,74 \times 10^{-4}$	$2,92 \times 10^{-2}$	$2,98 \times 10^{-2}$
	Manganês	$2,87 \times 10^{-1}$	$5,84 \times 10^{-1}$	$8,71 \times 10^{-1}$
	<b>Total</b>	<b><math>2,88 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>6,13 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>9,01 \times 10^{-1}</math></b>
PM-11	Alumínio	$4,25 \times 10^{-2}$	$2,16 \times 10^0$	$2,21 \times 10^0$
	Cádmio	$3,19 \times 10^{-1}$	$8,13 \times 10^{-1}$	$1,13 \times 10^0$
	Cobalto	$1,29 \times 10^{-1}$	$1,63 \times 10^1$	$1,65 \times 10^1$
	Ferro	$1,15 \times 10^{-3}$	$5,83 \times 10^{-2}$	$5,94 \times 10^{-2}$
	Manganês	$1,23 \times 10^0$	$2,50 \times 10^0$	$3,73 \times 10^0$
	Níquel	$5,44 \times 10^{-2}$	$5,53 \times 10^{-1}$	$6,07 \times 10^{-1}$
	Zinco	$5,11 \times 10^{-3}$	$4,33 \times 10^{-1}$	$4,39 \times 10^{-1}$
	<b>Total</b>	<b><math>1,78 \times 10^0</math></b>	<b><math>2,29 \times 10^1</math></b>	<b><math>2,46 \times 10^1</math></b>
PM-12	Alumínio	$2,74 \times 10^{-3}$	$1,39 \times 10^{-1}$	$1,42 \times 10^{-1}$
	Níquel	$2,16 \times 10^{-3}$	$2,20 \times 10^{-2}$	$2,41 \times 10^{-2}$
	Nitrato	$4,77 \times 10^{-3}$	$2,43 \times 10^{-1}$	$2,47 \times 10^{-1}$
	<b>Total</b>	<b><math>9,67 \times 10^{-3}</math></b>	<b><math>4,04 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>4,14 \times 10^{-1}</math></b>

Fonte: Resultados da simulação matemática do risco à saúde humana (ANEXO 12)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam valores de risco acima do valor de referência **1,00** adotado para a quantificação do risco para efeitos não carcinogênicos (CETESB, 2007). <sup>(1)</sup> Em virtude da ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III.



Tabela 29: Resultados da simulação do risco não carcinogênico para trabalhadores de obras localizados dentro dos limites do Porto (on-site) (continuação)

Localização	SQI	Via de ingresso		Total
		Água Subterrânea		
		Contato dérmico	Ingestão acidental	
PM-14	Ferro	$7,91 \times 10^{-4}$	$4,03 \times 10^{-2}$	$4,10 \times 10^{-2}$
PM-15	Alumínio	$2,59 \times 10^{-3}$	$1,32 \times 10^{-1}$	$1,34 \times 10^{-1}$
	Boro	$2,27 \times 10^{-3}$	$1,16 \times 10^{-1}$	$1,18 \times 10^{-1}$
	Manganês	$1,63 \times 10^{-1}$	$3,31 \times 10^{-1}$	$4,93 \times 10^{-1}$
	Níquel	$3,08 \times 10^{-3}$	$3,13 \times 10^{-2}$	$3,44 \times 10^{-2}$
	Nitrato	$3,33 \times 10^{-2}$	$1,70 \times 10^0$	$1,73 \times 10^0$
	<b>Total</b>	<b><math>2,04 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>2,30 \times 10^0</math></b>	<b><math>2,51 \times 10^0</math></b>
PM-16	Ferro	$1,98 \times 10^{-3}$	$1,00 \times 10^{-1}$	$1,02 \times 10^{-1}$
	Manganês	$1,84 \times 10^{-1}$	$3,74 \times 10^{-1}$	$5,58 \times 10^{-1}$
	<b>Total</b>	<b><math>1,86 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>4,75 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>6,60 \times 10^{-1}</math></b>
PM-17	Alumínio	$1,05 \times 10^{-3}$	$5,35 \times 10^{-2}$	$5,46 \times 10^{-2}$
PM-18	Alumínio	$6,07 \times 10^{-3}$	$3,09 \times 10^{-1}$	$3,15 \times 10^{-1}$
	Arsênio	$1,40 \times 10^{-1}$	$7,13 \times 10^0$	$7,27 \times 10^0$
	Ferro	$9,21 \times 10^{-3}$	$4,68 \times 10^{-1}$	$4,78 \times 10^{-1}$
	Manganês	$3,28 \times 10^{-1}$	$6,68 \times 10^{-1}$	$9,97 \times 10^{-1}$
	Níquel	$1,55 \times 10^{-3}$	$1,58 \times 10^{-2}$	$1,73 \times 10^{-2}$
	<b>Total</b>	<b><math>4,85 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>8,59 \times 10^0</math></b>	<b><math>9,07 \times 10^0</math></b>
PM-19	Manganês	$2,50 \times 10^{-1}$	$5,09 \times 10^{-1}$	$7,59 \times 10^{-1}$
PM-22	Boro	$9,77 \times 10^{-4}$	$4,97 \times 10^{-2}$	$5,07 \times 10^{-2}$
	Manganês	$1,38 \times 10^{-1}$	$2,80 \times 10^{-1}$	$4,18 \times 10^{-1}$
	Níquel	$1,35 \times 10^{-3}$	$1,37 \times 10^{-2}$	$1,51 \times 10^{-2}$
	Tálio	$2,08 \times 10^0$	$1,06 \times 10^2$	$1,08 \times 10^2$
	Zinco	$5,09 \times 10^{-4}$	$4,32 \times 10^{-2}$	$4,37 \times 10^{-2}$
	Nitrato	$3,54 \times 10^{-2}$	$1,80 \times 10^0$	$1,83 \times 10^0$
	<b>Total</b>	<b><math>2,26 \times 10^0</math></b>	<b><math>1,08 \times 10^2</math></b>	<b><math>1,10 \times 10^2</math></b>
PM-24	Boro	$5,97 \times 10^{-4}$	$3,04 \times 10^{-2}$	$3,10 \times 10^{-2}$
PM-26	Alumínio	$1,19 \times 10^{-3}$	$6,04 \times 10^{-2}$	$6,16 \times 10^{-2}$
	Cromo <sup>(1)</sup>	$1,61 \times 10^0$	$1,03 \times 10^0$	$2,64 \times 10^0$
	Ferro	$1,42 \times 10^{-1}$	$7,25 \times 10^0$	$7,39 \times 10^0$
	Manganês	$1,43 \times 10^0$	$2,90 \times 10^0$	$4,33 \times 10^0$
	<b>Total</b>	<b><math>3,18 \times 10^0</math></b>	<b><math>1,12 \times 10^1</math></b>	<b><math>1,44 \times 10^1</math></b>

Fonte: Resultados da simulação matemática do risco à saúde humana (ANEXO 12)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam valores de risco acima do valor de referência **1,00** adotado para a quantificação do risco para efeitos não carcinogênicos (CETESB, 2007). <sup>(1)</sup> Em virtude da ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III.



Tabela 29: Resultados da simulação do risco não carcinogênico para trabalhadores de obras localizados dentro dos limites do Porto (on-site) (continuação)

Localização	SQI	Via de ingresso		Total
		Água Subterrânea		
		Contato dérmico	Ingestão acidental	
PM-27	Boro	$7,51 \times 10^{-4}$	$3,82 \times 10^{-2}$	$3,89 \times 10^{-2}$
	Manganês	$2,56 \times 10^{-1}$	$5,20 \times 10^{-1}$	$7,76 \times 10^{-1}$
	<b>Total</b>	<b><math>2,57 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>5,59 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>8,15 \times 10^{-1}</math></b>
PM-30	Ferro	$8,72 \times 10^{-4}$	$4,44 \times 10^{-2}$	$4,52 \times 10^{-2}$
	Manganês	$5,13 \times 10^{-1}$	$1,04 \times 10^0$	$1,56 \times 10^0$
	<b>Total</b>	<b><math>5,13 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>1,09 \times 10^0</math></b>	<b><math>1,60 \times 10^0</math></b>
PM-31	Boro	$6,81 \times 10^{-4}$	$3,46 \times 10^{-2}$	$3,53 \times 10^{-2}$
	Nitrato	$3,83 \times 10^{-2}$	$1,95 \times 10^0$	$1,99 \times 10^0$
	<b>Total</b>	<b><math>3,90 \times 10^{-2}</math></b>	<b><math>1,99 \times 10^0</math></b>	<b><math>2,02 \times 10^0</math></b>
PM-32	Alumínio	$6,55 \times 10^{-3}$	$3,33 \times 10^{-1}$	$3,40 \times 10^{-1}$
	Chumbo	$4,80 \times 10^{-4}$	$2,44 \times 10^{-1}$	$2,45 \times 10^{-1}$
	Manganês	$5,80 \times 10^{-1}$	$1,18 \times 10^0$	$1,76 \times 10^0$
	Nitrato	$1,83 \times 10^{-3}$	$9,30 \times 10^{-2}$	$9,48 \times 10^{-2}$
	<b>Total</b>	<b><math>5,89 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>1,85 \times 10^0</math></b>	<b><math>2,44 \times 10^0</math></b>
PM-33	Manganês	$3,95 \times 10^{-1}$	$8,04 \times 10^{-1}$	$1,20 \times 10^0$
	Níquel	$2,72 \times 10^{-3}$	$2,76 \times 10^{-2}$	$3,04 \times 10^{-2}$
	<b>Total</b>	<b><math>3,98 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>8,31 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>1,23 \times 10^0</math></b>
PM-34	Alumínio	$4,75 \times 10^{-3}$	$2,41 \times 10^{-1}$	$2,46 \times 10^{-1}$
	Cobalto	$2,98 \times 10^{-2}$	$3,79 \times 10^0$	$3,82 \times 10^0$
	Manganês	$5,83 \times 10^{-1}$	$1,19 \times 10^0$	$1,77 \times 10^0$
	Níquel	$1,11 \times 10^{-2}$	$1,13 \times 10^{-1}$	$1,24 \times 10^{-1}$
	Zinco	$5,49 \times 10^{-4}$	$4,65 \times 10^{-2}$	$4,71 \times 10^{-2}$
	<b>Total</b>	<b><math>6,29 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>5,38 \times 10^0</math></b>	<b><math>6,00 \times 10^0</math></b>
PM-35	Alumínio	$6,63 \times 10^{-3}$	$3,37 \times 10^{-1}$	$3,44 \times 10^{-1}$
	Cádmio	$3,89 \times 10^{-1}$	$9,90 \times 10^{-1}$	$1,38 \times 10^0$
	Ferro	$2,05 \times 10^{-3}$	$1,04 \times 10^{-1}$	$1,06 \times 10^{-1}$
	Manganês	$3,10 \times 10^{-1}$	$6,31 \times 10^{-1}$	$9,40 \times 10^{-1}$
	Níquel	$7,89 \times 10^{-3}$	$8,02 \times 10^{-2}$	$8,81 \times 10^{-2}$
	Zinco	$5,34 \times 10^{-4}$	$4,53 \times 10^{-2}$	$4,58 \times 10^{-2}$
	<b>Total</b>	<b><math>7,16 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>2,19 \times 10^0</math></b>	<b><math>2,90 \times 10^0</math></b>

Fonte: Resultados da simulação matemática do risco à saúde humana (ANEXO 12)

Obs.: Valores com fonte em vermelho indicam valores de risco acima do valor de referência **1,00** adotado para a quantificação do risco para efeitos não carcinogênicos (CETESB, 2007).<sup>(1)</sup> Em virtude da ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III.



**Tabela 29: Resultados da simulação do risco não carcinogênico para trabalhadores de obras localizados dentro dos limites do Porto (on-site) (continuação)**

Localização	SQI	Via de ingresso		Total
		Água Subterrânea		
		Contato dérmico	Ingestão acidental	
PM-36	Ferro	1,06 x 10 <sup>-2</sup>	5,40 x 10 <sup>-1</sup>	5,51 x 10 <sup>-1</sup>
PM-37	Alumínio	1,87 x 10 <sup>-3</sup>	9,54 x 10 <sup>-2</sup>	9,72 x 10 <sup>-2</sup>
	Manganês	1,51 x 10 <sup>-1</sup>	3,06 x 10 <sup>-1</sup>	4,57 x 10 <sup>-1</sup>
	Níquel	1,32 x 10 <sup>-3</sup>	1,35 x 10 <sup>-2</sup>	1,48 x 10 <sup>-2</sup>
	<b>Total</b>	<b>1,54 x 10<sup>-1</sup></b>	<b>4,15 x 10<sup>-1</sup></b>	<b>5,69 x 10<sup>-1</sup></b>
PM-38	Alumínio	2,23 x 10 <sup>-3</sup>	1,14 x 10 <sup>-1</sup>	1,16 x 10 <sup>-1</sup>
	Ferro	4,22 x 10 <sup>-3</sup>	2,15 x 10 <sup>-1</sup>	2,19 x 10 <sup>-1</sup>
	Manganês	1,15 x 10 <sup>-1</sup>	2,34 x 10 <sup>-1</sup>	3,49 x 10 <sup>-1</sup>
	Níquel	1,20 x 10 <sup>-3</sup>	1,23 x 10 <sup>-2</sup>	1,35 x 10 <sup>-2</sup>
	<b>Total</b>	<b>1,23 x 10<sup>-1</sup></b>	<b>5,75 x 10<sup>-1</sup></b>	<b>6,97 x 10<sup>-1</sup></b>

Fonte: Resultados da simulação matemática do risco à saúde humana (ANEXO 12)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam valores de risco acima do valor de referência **1,00** adotado para a quantificação do risco para efeitos não carcinogênicos (CETESB, 2007). <sup>(1)</sup> Em virtude da ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III.



---

### **Quantificação do risco para os potenciais receptores localizados no entorno do Porto (Off-Site)**

#### c. Trabalhadores de obras

Os resultados da simulação do risco efetuada para os trabalhadores de eventuais obras (atuais e futuras) no entorno imediato do Porto (*off-site*) são apresentado nas Tabelas 30 e 31.

Para os trabalhadores de obras localizados na fronteira norte, foi observada a existência de potencial risco carcinogênico acima do valor de referência ( $1,00 \times 10^{-5}$ ) para as vias contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea, devido à presença das substâncias Arsênio e Cromo neste compartimento (Tabela 30).

As SQI associadas aos cenários de exposição definidos para os trabalhadores de obras da fronteira sul não apresentam valores de fator de carcinogenicidade (SF).

Os índices de perigo calculados indicam que haveria potencial risco não carcinogênico aos trabalhadores de obras das fronteiras norte e sul, acima do critério adotado (1,00), para a via de ingresso ingestão (acidental) de água subterrânea (Tabela 31).

Ressalta-se que as concentrações de exposição para quantificação do risco aos potenciais receptores *off-site* foram estimadas por simulação matemática, sem considerar os mecanismos de retardo e biodegradação, a partir de concentrações medidas na água subterrânea dentro dos limites do Porto, podendo não representar a real distribuição dos contaminantes neste compartimento ambiental nos pontos de exposição *off-site*.

Além disso, os valores da “taxa de ingestão diária de água” da CETESB (2013) considerados para os cenários de ingestão acidental de água são conservadores, potencializando eventuais situações de risco.

**Tabela 30: Resultados da simulação do risco carcinogênico para trabalhadores de obras localizados no entorno do Porto (off-site)**

Localização	SQI	Via de ingresso		Total
		Água Subterrânea		
		Contato dérmico	Ingestão acidental	
Fronteira norte	Arsênio	$4,42 \times 10^{-7}$	$2,25 \times 10^{-5}$	$2,29 \times 10^{-5}$
	Cromo <sup>(1)</sup>	$9,64 \times 10^{-6}$	$6,13 \times 10^{-6}$	$1,58 \times 10^{-5}$
	<b>Total</b>	<b><math>1,01 \times 10^{-5}</math></b>	<b><math>2,86 \times 10^{-5}</math></b>	<b><math>3,87 \times 10^{-5}</math></b>

Fonte: Resultados da simulação matemática do risco à saúde humana (ANEXO 12)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam valores de risco acima do valor de referência  $1,00 \times 10^{-5}$  adotado para a quantificação do risco para efeitos carcinogênicos (CETESB, 2007). <sup>(1)</sup> Em virtude da ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III.

**Tabela 31: Resultados da simulação do risco não carcinogênico para trabalhadores de obras localizados no entorno do Porto (off-site)**

Localização	SQI	Via de ingresso		Total
		Água Subterrânea		
		Contato dérmico	Ingestão acidental	
Fronteira norte	Alumínio	$1,53 \times 10^{-3}$	$7,80 \times 10^{-2}$	$7,95 \times 10^{-2}$
	Arsênio	$3,53 \times 10^{-2}$	$1,80 \times 10^0$	$1,83 \times 10^0$
	Boro	$1,67 \times 10^{-4}$	$8,51 \times 10^{-3}$	$8,68 \times 10^{-3}$
	Cromo <sup>(1)</sup>	$2,31 \times 10^{-1}$	$1,47 \times 10^{-1}$	$3,79 \times 10^{-1}$
	Ferro	$2,04 \times 10^{-2}$	$1,04 \times 10^0$	$1,06 \times 10^0$
	Manganês	$2,05 \times 10^{-1}$	$4,16 \times 10^{-1}$	$6,21 \times 10^{-1}$
	Níquel	$3,91 \times 10^{-4}$	$3,98 \times 10^{-3}$	$4,37 \times 10^{-3}$
	<b>Total</b>	<b><math>4,94 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>3,49 \times 10^0</math></b>	<b><math>3,98 \times 10^0</math></b>
Fronteira sul	Alumínio	$2,95 \times 10^{-3}$	$1,32 \times 10^{-1}$	$1,34 \times 10^{-1}$
	Boro	$1,14 \times 10^{-5}$	$5,79 \times 10^{-4}$	$5,90 \times 10^{-4}$
	Cádmio	$2,24 \times 10^{-1}$	$5,70 \times 10^{-1}$	$7,94 \times 10^{-1}$
	Chumbo	$3,25 \times 10^{-5}$	$1,65 \times 10^{-2}$	$1,66 \times 10^{-2}$
	Cobalto	$7,85 \times 10^{-3}$	$9,99 \times 10^{-1}$	$1,01 \times 10^0$
	Ferro	$6,12 \times 10^{-3}$	$3,11 \times 10^{-1}$	$3,17 \times 10^{-1}$
	Manganês	$7,51 \times 10^{-2}$	$1,53 \times 10^{-1}$	$2,28 \times 10^{-1}$
	Níquel	$3,32 \times 10^{-3}$	$3,38 \times 10^{-2}$	$3,71 \times 10^{-2}$
	Zinco	$3,12 \times 10^{-4}$	$2,65 \times 10^{-2}$	$2,68 \times 10^{-2}$
	Nitrato	$2,58 \times 10^{-4}$	$1,31 \times 10^{-2}$	$1,34 \times 10^{-2}$
	<b>Total</b>	<b><math>3,20 \times 10^{-1}</math></b>	<b><math>2,25 \times 10^0</math></b>	<b><math>2,57 \times 10^0</math></b>

Fonte: Resultados da simulação matemática do risco à saúde humana (ANEXO 12)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam valores de risco acima do valor de referência **1,00** adotado para a quantificação do risco para efeitos não carcinogênicos (CETESB, 2007). <sup>(1)</sup> Em virtude da ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III.

A Tabela 32 a seguir apresenta um resumo dos resultados das simulações de risco para os potenciais receptores *on-site* e *off-site*.

Tabela 32: Resumo dos resultados das simulações de risco

Localização	Potenciais Receptores On-Site				Potenciais Receptores Off-Site	
	Trabalhadores do Porto		Trabalhadores de obras		Trabalhadores de obras	
	RC	RNC	RC	RNC	RC	RNC
SD-32	1,20 x 10 <sup>-3</sup>	-	4,21 x 10 <sup>-4</sup>	-	-	-
PM-02	-	-	-	5,34 x 10 <sup>-2</sup>	-	-
PM-03	-	-	-	3,07 x 10 <sup>-2</sup>	-	-
PM-04	-	-	-	1,30 x 10 <sup>0</sup>	-	-
PM-05	-	-	-	2,49 x 10 <sup>0</sup>	-	-
PM-06	-	-	-	5,18 x 10 <sup>-2</sup>	-	-
PM-07	-	-	-	1,65 x 10 <sup>-2</sup>	-	-
PM-08	-	-	-	3,24 x 10 <sup>-1</sup>	-	-
PM-10	-	-	-	9,01 x 10 <sup>-1</sup>	-	-
PM-11	-	-	-	2,46 x 10 <sup>1</sup>	-	-
PM-12	-	-	-	4,14 x 10 <sup>-1</sup>	-	-
PM-14	-	-	-	4,10 x 10 <sup>-2</sup>	-	-
PM-15	-	-	-	2,51 x 10 <sup>0</sup>	-	-
PM-16	-	-	-	6,60 x 10 <sup>-1</sup>	-	-
PM-17	-	-	-	5,46 x 10 <sup>-2</sup>	-	-
PM-18	-	-	9,09 x 10 <sup>-5</sup>	9,07 x 10 <sup>0</sup>	-	-
PM-19	-	-	-	7,59 x 10 <sup>-1</sup>	-	-
PM-22	-	-	-	1,10 x 10 <sup>2</sup>	-	-
PM-24	-	-	-	3,10 x 10 <sup>-2</sup>	-	-
PM-26	-	-	1,10 x 10 <sup>-4</sup>	1,44 x 10 <sup>1</sup>	-	-
PM-27	-	-	-	8,15 x 10 <sup>-1</sup>	-	-
PM-30	-	-	-	1,60 x 10 <sup>0</sup>	-	-
PM-31	-	-	-	2,02 x 10 <sup>0</sup>	-	-
PM-32	-	-	-	2,44 x 10 <sup>0</sup>	-	-
PM-33	-	-	-	1,23 x 10 <sup>0</sup>	-	-
PM-34	-	-	-	6,00 x 10 <sup>0</sup>	-	-
PM-35	-	-	-	2,90 x 10 <sup>0</sup>	-	-
PM-36	-	-	-	5,51 x 10 <sup>-1</sup>	-	-
PM-37	-	-	-	5,69 x 10 <sup>-1</sup>	-	-
PM-38	-	-	-	6,97 x 10 <sup>-1</sup>	-	-
Fronteira norte	-	-	-	-	3,87 x 10 <sup>-5</sup>	3,98 x 10 <sup>0</sup>
Fronteira sul	-	-	-	-	-	2,57 x 10 <sup>0</sup>

Fonte: Resultados da simulação matemática do risco à saúde humana (ANEXO 12)

**Obs.:** Valores com fonte em vermelho indicam valores de risco acima dos valores de referência: **Risco carcinogênico aceitável** < 1,00 x 10<sup>-5</sup> e **Risco não carcinogênico aceitável** < 1,0 (CETESB, 2007).

RC = Risco carcinogênico; RNC = Risco não carcinogênico.

---

# 10 Mapas de Risco

Atendendo à Decisão de Diretoria CETESB Nº 103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007, foram elaborados mapas de risco à saúde dos potenciais receptores *on-site* e *off-site* identificados neste estudo, sendo indicados e delimitados os locais onde foi verificado cada tipo de risco acima do nível aceitável.

Conforme destacado no item 7.2.1, foram adotadas como concentrações de exposição, para os receptores *on-site*, todas as concentrações de cada contaminante selecionado para o cálculo do risco, que ultrapassaram os valores de referência nas amostras de solo e água subterrânea.

Desta forma, para elaboração dos mapas de risco foram definidas “áreas de influência” para cada sondagem e poço de monitoramento considerado nesta avaliação de risco. De forma geral, estas áreas foram delimitadas a partir da metade da distância entre os poços de monitoramento (polígonos de Thiessen), levando-se em conta as áreas que possuem dados de investigação ambiental e os limites do Porto.

Para ilustração dos resultados da quantificação do risco para os receptores *off-site*, foram delimitadas duas áreas arbitrárias imediatamente após os limites do Porto, uma ao norte e outra ao sul, considerando-se as simulações do transporte de contaminantes efetuadas nas direções preferenciais de fluxo.

Os mapas de risco carcinogênico e não carcinogênico foram obtidos a partir dos resultados da quantificação dos riscos (item 9), na qual foram consideradas as exposições individuais para cada SQI e exposições simultâneas para múltiplas SQI, através das rotas de exposição identificadas para a área de estudo.

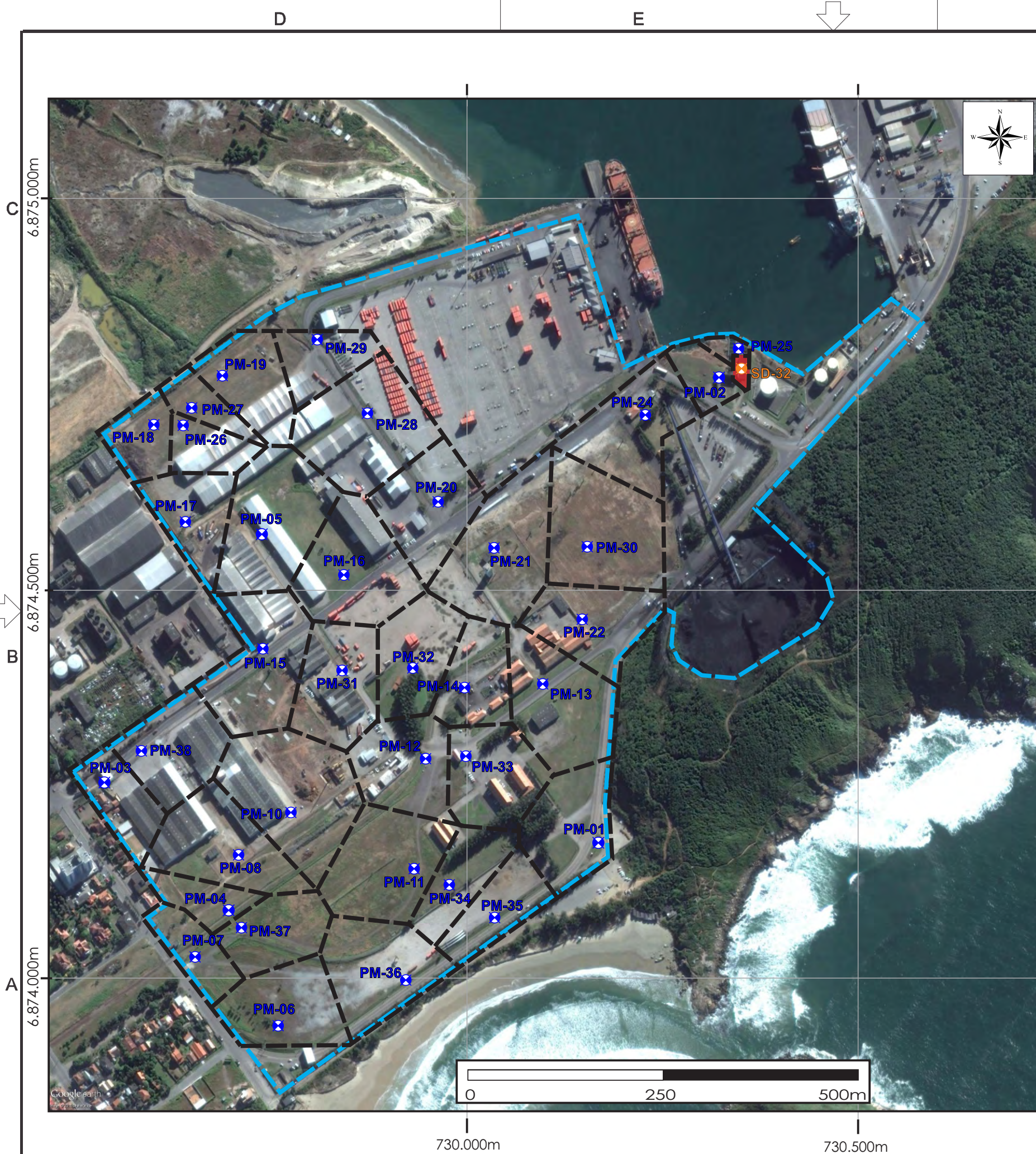
As Figuras 41, 42 e 43, a seguir, apresentam os mapas de risco carcinogênico total e risco não carcinogênico total simulados com as Planilhas CETESB (2013) para os potenciais receptores *on-site*: trabalhadores do Porto (Figura 41) e trabalhadores de obras (Figuras 42 e 43).

Já as Figuras 44 e 45 apresentam, respectivamente, os mapas de risco carcinogênico total e risco não carcinogênico total para os potenciais receptores *off-site* trabalhadores de obras.

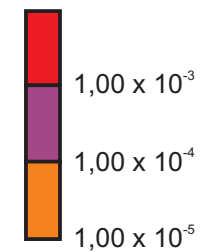
Ressalta-se que as “áreas de influência” que não apresentam resultados de simulação do risco nas Figuras 41 a 43 são referentes aos poços de monitoramento cujas SQI identificadas não apresentam propriedades físico-químicas e/ou toxicológicas

---

necessárias para a quantificação do risco para as rotas de ingresso consideradas, a pontos de monitoramento onde não foram identificadas concentrações acima dos valores de referência, ou a áreas de influência em que não foram quantificados os potenciais riscos com base nos cenários de exposição definidos para cada receptor.



Risco Total Carcinogênico



Receptores On-Site	
Trabalhadores do Porto	
Localização	Risco Carcinogênico
SD-32	1,20 x 10 <sup>-3</sup>

Obs.: Valores em **vermelho** indicam valores de risco acima do valor de referência  $1,00 \times 10^5$  adotado para a quantificação do risco carcinogênico (CETESB, 2007)

MAPA ÍNDICE



LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- Poço de monitoramento amostrado
- Sondagem de reconhecimento ambiental
- Área de influência

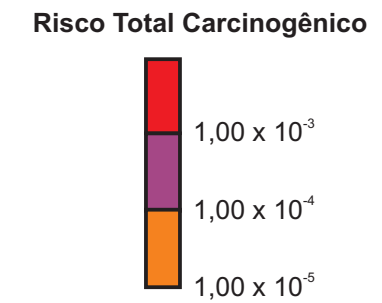
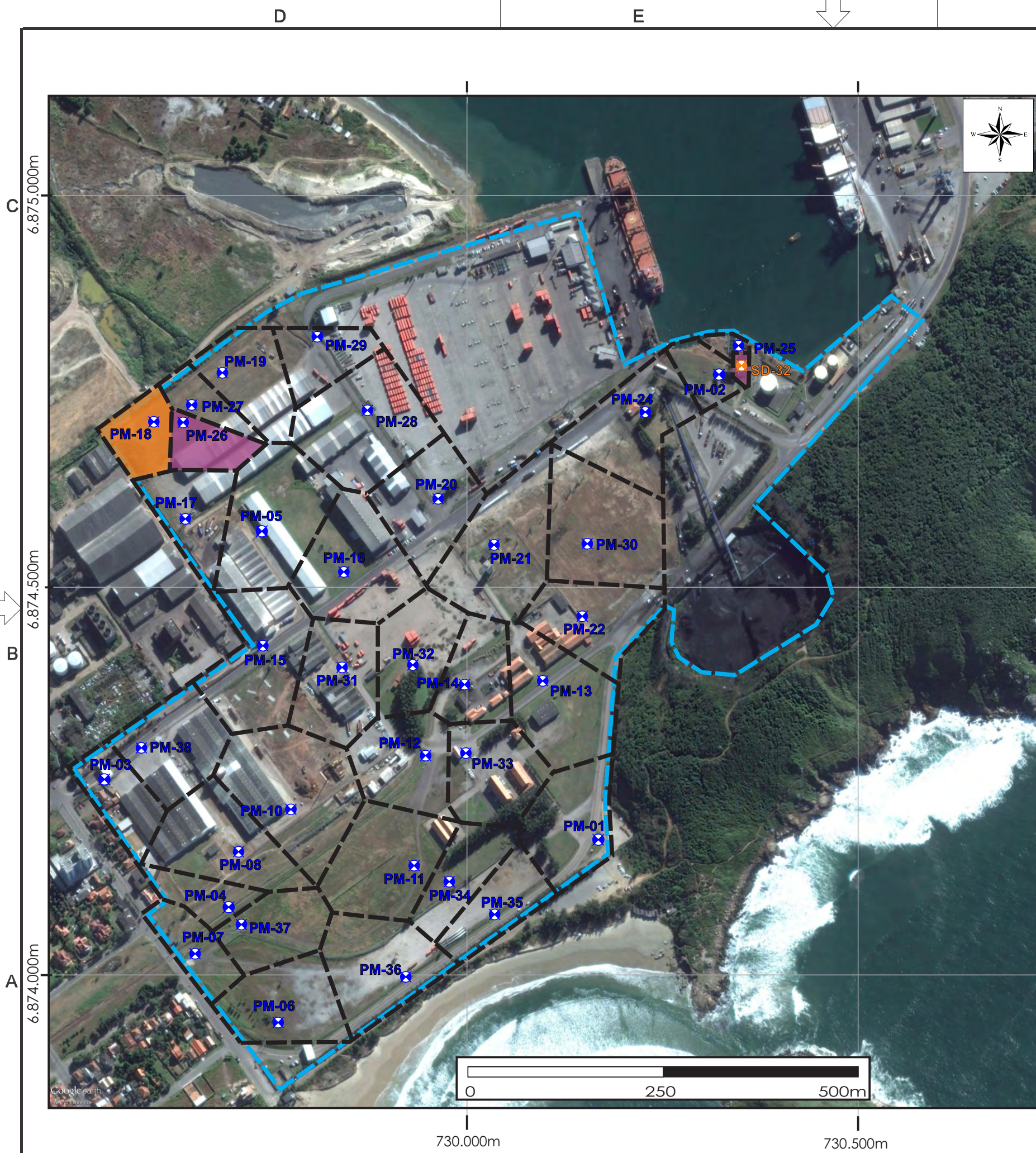
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	MAPA DE RISCO CARCINOGENICO TOTAL (POTENCIAL) PARA RECEPTORES TRABALHADORES DO PORTO (ON-SITE)		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	17/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

FIGURA 41





Receptores On-Site	
Trabalhadores de Obras	
Localização	Risco Carcinogênico
SD-32	$4,21 \times 10^{-4}$
PM-18	$9,09 \times 10^{-5}$
PM-26	$1,10 \times 10^{-4}$

Obs.: Valores em **vermelho** indicam valores de risco acima do valor de referência  $1,00 \times 10^{-5}$  adotado para a quantificação do risco carcinogênico (CETESB, 2007)

**MAPA ÍNDICE**



**LEGENDA**

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- Poço de monitoramento amostrado
- Sondagem de reconhecimento ambiental
- Área de influência

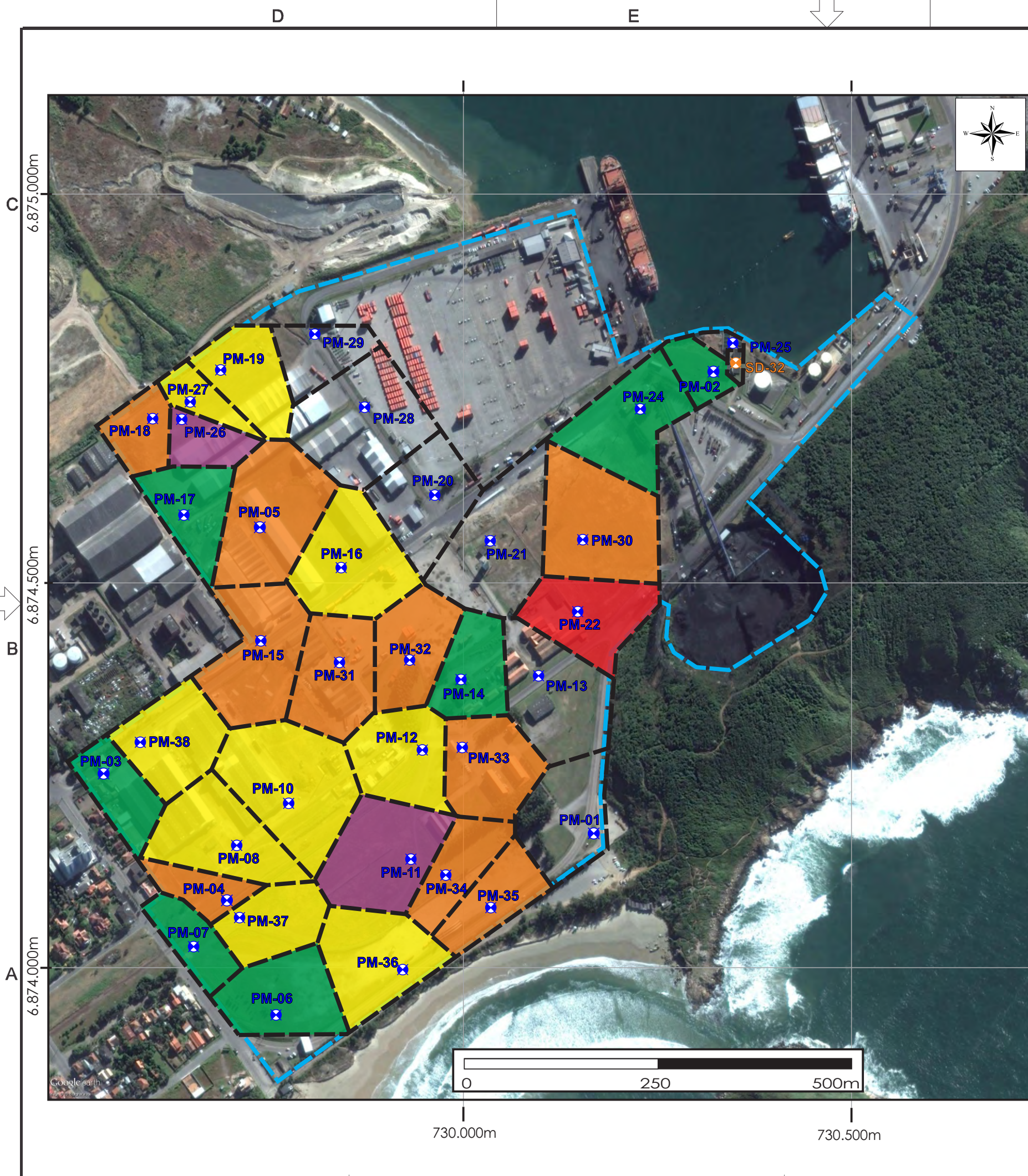
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



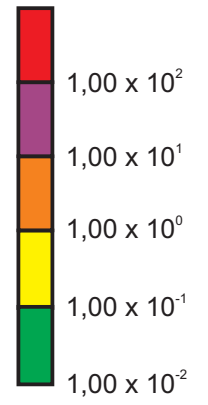
CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	MAPA DE RISCO CARCINOGENICO TOTAL (POTENCIAL) PARA RECEPTORES TRABALHADORES DE OBRAS (ON-SITE)		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	17/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 42**





Risco Total Não Carcinogênico



Receptores On-Site	
Trabalhadores de Obras	
Localização	Risco não Carcinogênico
PM-02	5,34 x 10 <sup>-2</sup>
PM-03	3,07 x 10 <sup>-2</sup>
PM-04	1,30 x 10 <sup>0</sup>
PM-05	2,49 x 10 <sup>0</sup>
PM-06	5,18 x 10 <sup>-2</sup>
PM-07	1,65 x 10 <sup>-2</sup>
PM-08	3,24 x 10 <sup>-1</sup>
PM-10	9,01 x 10 <sup>-1</sup>
PM-11	2,46 x 10 <sup>1</sup>
PM-12	4,14 x 10 <sup>-1</sup>
PM-14	4,10 x 10 <sup>-2</sup>
PM-15	2,51 x 10 <sup>0</sup>
PM-16	6,60 x 10 <sup>-1</sup>
PM-17	5,46 x 10 <sup>-2</sup>
PM-18	9,07 x 10 <sup>0</sup>
PM-19	7,59 x 10 <sup>-1</sup>
PM-22	1,10 x 10 <sup>2</sup>
PM-24	3,10 x 10 <sup>-2</sup>
PM-26	1,44 x 10 <sup>1</sup>
PM-27	8,15 x 10 <sup>-1</sup>
PM-30	1,60 x 10 <sup>0</sup>
PM-31	2,02 x 10 <sup>0</sup>
PM-32	2,44 x 10 <sup>0</sup>
PM-33	1,23 x 10 <sup>0</sup>
PM-34	6,00 x 10 <sup>0</sup>
PM-35	2,90 x 10 <sup>0</sup>
PM-36	5,51 x 10 <sup>-1</sup>
PM-37	5,69 x 10 <sup>-1</sup>
PM-38	6,97 x 10 <sup>-1</sup>

Obs.: Valores em vermelho indicam valores de risco acima do valor de referência 1,00 x 10<sup>0</sup> adotado para a quantificação do risco não carcinogênico (CETESB, 2007)

MAPA ÍNDICE



LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- Poço de monitoramento amostrado
- Sondagem de reconhecimento ambiental
- Área de influência

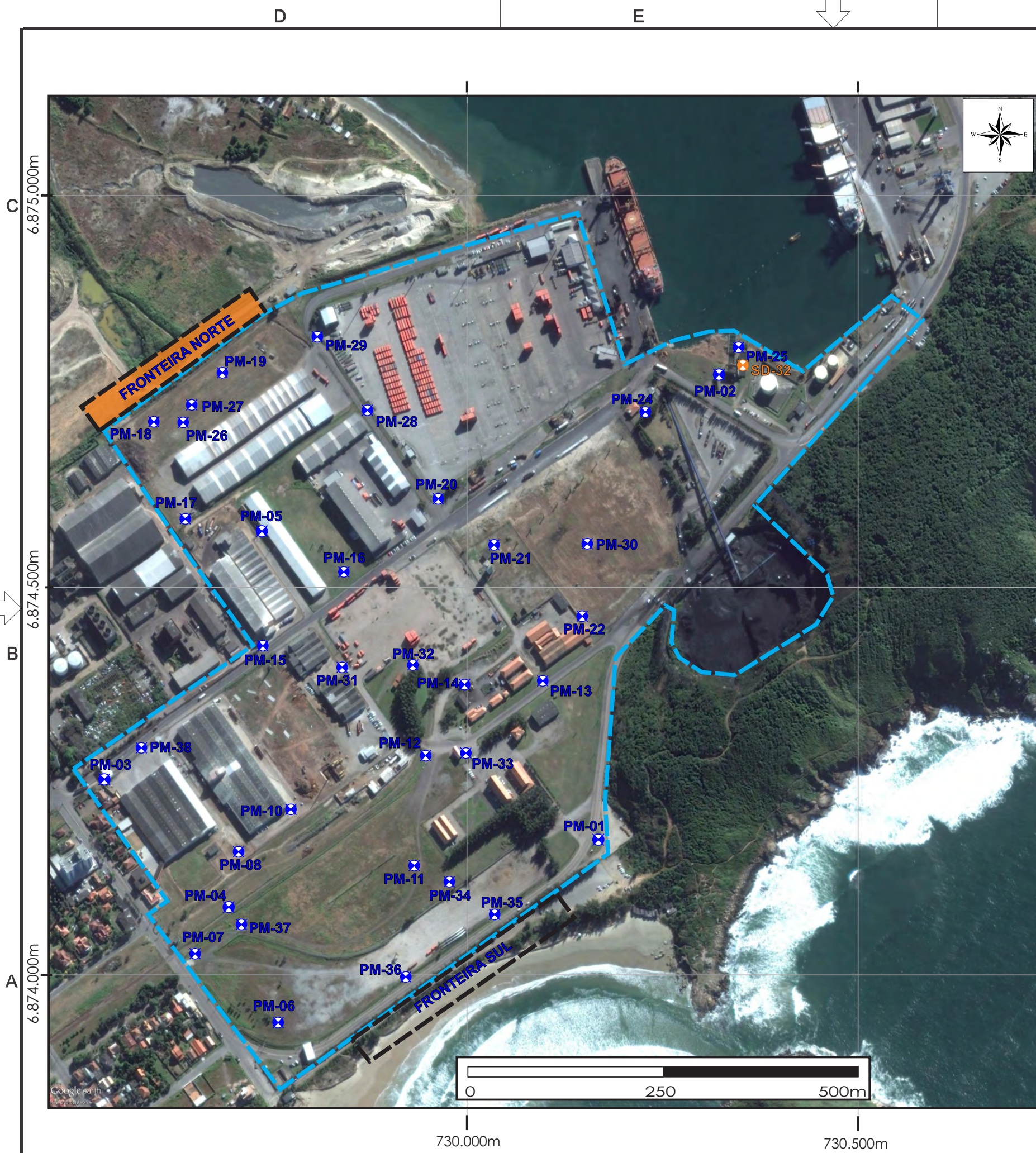
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	MAPA DE RISCO NÃO CARCINOGENICO TOTAL (POTENCIAL) PARA RECEPTORES TRABALHADORES DE OBRAS (ON-SITE)		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	17/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

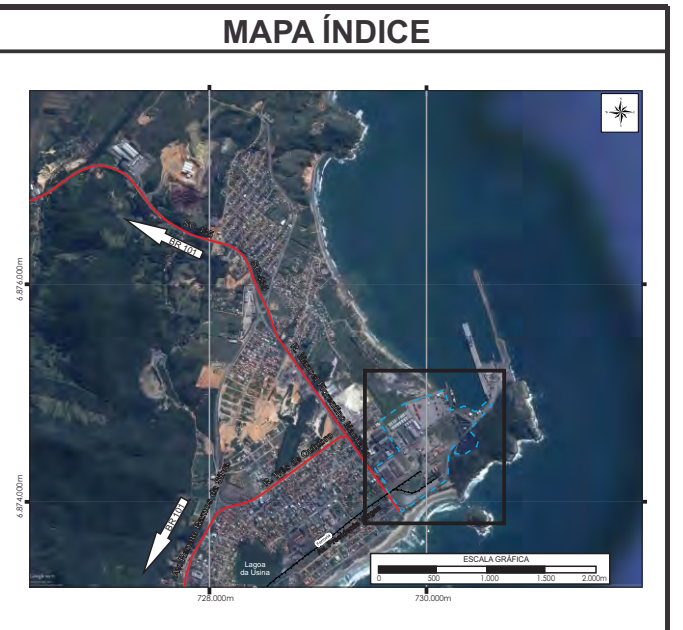
FIGURA 43





Receptores Off-Site	
Trabalhadores de Obras	
Localização	Risco Carcinogênico
Fronteira norte	3,87 x 10 <sup>-5</sup>

Obs.: Valores em **vermelho** indicam valores de risco acima do valor de referência 1,00 x 10<sup>-5</sup> adotado para a quantificação do risco carcinogênico (CETESB, 2007)



- LEGENDA**
- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
  - PM-XX Poço de monitoramento amostrado
  - SD-XX Sondagem de reconhecimento ambiental
  - Área de influência

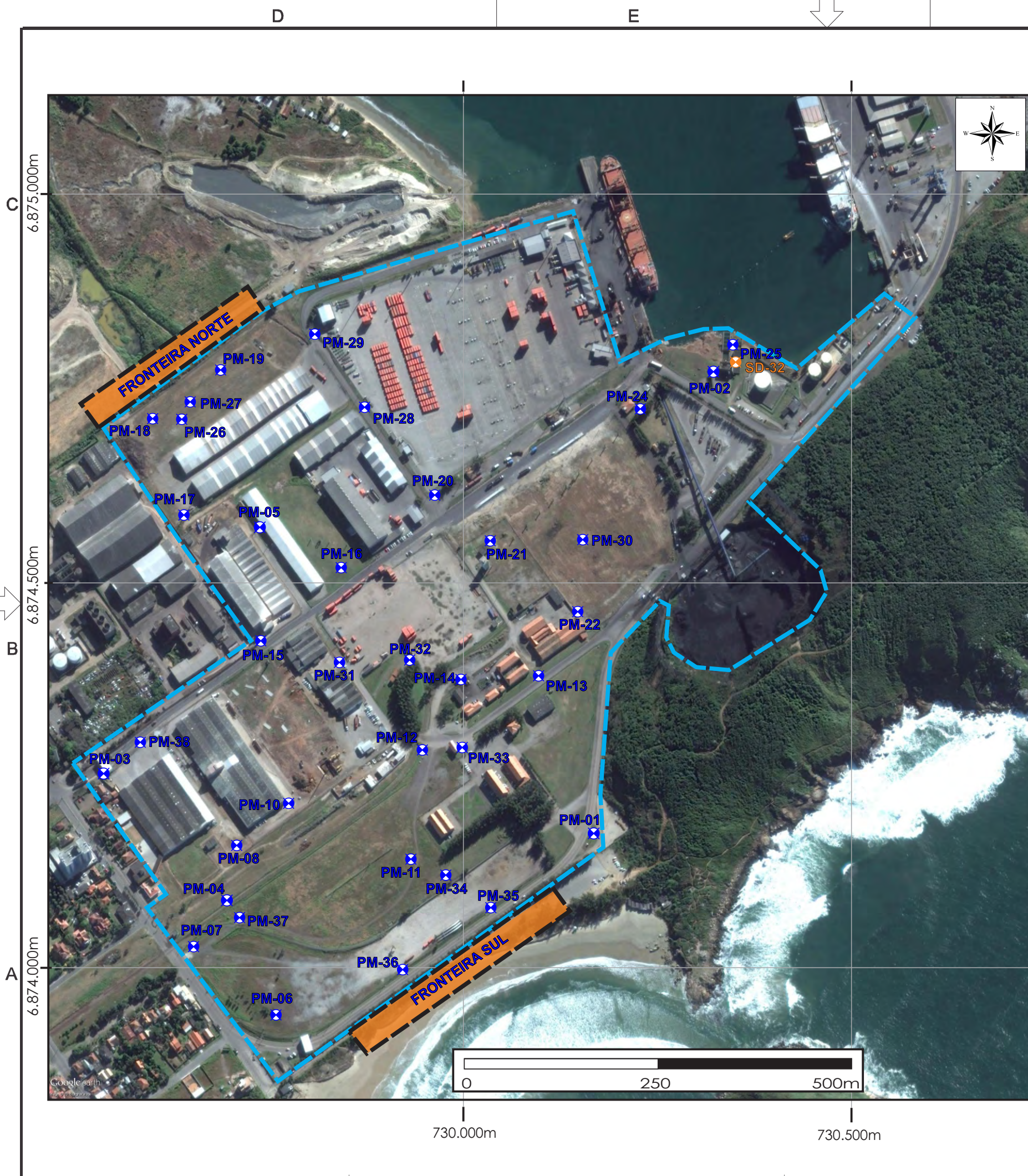
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



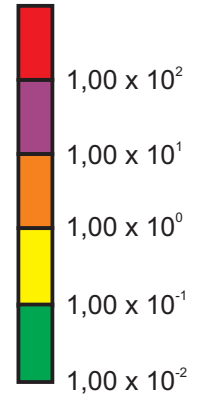
CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	MAPA DE RISCO CARCINOGENÉTICO TOTAL (POTENCIAL) PARA RECEPTORES TRABALHADORES DE OBRAS (OFF-SITE)		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	17/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 44**





**Risco Total Não Carcinogênico**



Receptores Off-Site	
Trabalhadores de Obras	
Localização	Risco Carcinogênico
Fronteira norte	<b>3,98 x 10<sup>0</sup></b>
Fronteira sul	<b>2,57 x 10<sup>0</sup></b>

Obs.: Valores em **vermelho** indicam valores de risco acima do valor de referência  $1,00 \times 10^0$  adotado para a quantificação do risco não carcinogênico (CETESB, 2007)

**MAPA ÍNDICE**



**LEGENDA**

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- Poço de monitoramento amostrado
- Sondagem de reconhecimento ambiental
- Área de influência

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	MAPA DE RISCO NÃO CARCINOGENÉTICO TOTAL (POTENCIAL) PARA RECEPTORES TRABALHADORES DE OBRAS (OFF-SITE)		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	17/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 45**



# 11 Concentrações Máximas Aceitáveis (CMA)

As CMA são as máximas concentrações aceitáveis em uma região a partir do cenário de exposição, receptor e SQI, calculadas a partir do risco alvo. Neste estudo, o risco máximo aceitável adotado na área para substâncias carcinogênicas foi de  $1,00 \times 10^{-5}$  e para substâncias não carcinogênicas, 1,00 (CETESB, 2007; 2013).

A Tabela 33 apresenta as CMA definidas com as Planilhas CETESB (2013) para a área do Porto (*on-site*) nos compartimentos solo e água subterrânea a partir das rotas de exposição aplicáveis simuladas. Destaca-se que as CMA obtidas para as substâncias Cobalto e Cromo na água subterrânea são inferiores aos valores de referência considerados neste estudo.

Nas Figuras 46 e 47 são indicados os pontos de amostragem em solo (da Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada) e água subterrânea (última campanha: maio-junho/2016), respectivamente, com concentrações acima das CMA definidas para a área de estudo.

**Ressalta-se que para a hipótese de ingestão de água subterrânea por receptores *on-site* ou *off-site*, as SQI devem atender os padrões de potabilidade da Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (2011) nos pontos de exposição, independentemente das CMA calculadas.**

**Tabela 33: CMA para a área de estudo assumindo que todas as rotas de exposição consideradas se completam e comparação com os valores de referência**

SQI	CMA (a)		Valores de Investigação (CONAMA, 2009)	
	Solo (mg/kg)	Água Subterrânea (mg/L)	Solo (mg/kg)	Água Subterrânea (mg/L)
PCB	18,4	-	0,12 (c)	-
Alumínio	-	88,1	-	3,50
Arsênio	-	0,0211	-	0,01
Boro	-	17,6	-	0,5
Cádmio	-	0,0441	-	0,005
Chumbo	-	0,317	-	0,01
Cobalto	-	<b>0,0264</b>	-	0,07
Cromo (b)	-	<b>0,0403</b>	-	0,05

Ferro	-	61,7	-	2,45
Manganês	-	2,11	-	0,4
Níquel	-	1,76	-	0,02
Tálio	-	0,000881	-	0,0002 (d)
Zinco	-	26,4	-	1,05
Nitrato	-	141	-	10

Fonte: Resultados da simulação matemática do risco à saúde humana (ANEXO 12)

**Obs.:** Valores com fonte em azul indicam CMA inferior ao valor de investigação.

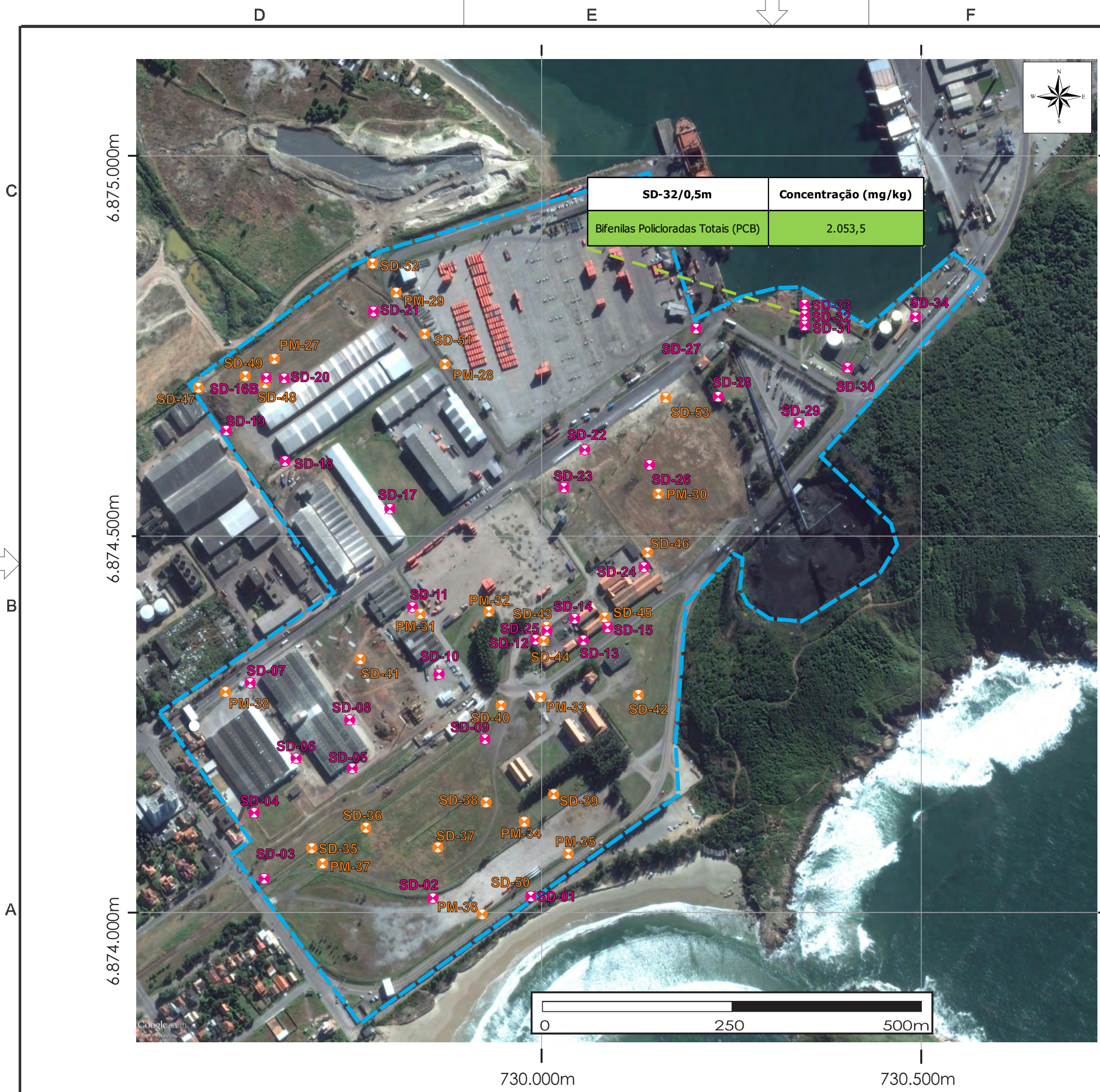
(a) CMA mais restritiva obtida para cada compartimento ambiental. Nas Planilhas CETESB a CMA é calculada para cada rota de exposição aplicável de forma independente, isto é, sem considerar a integração entre as vias de ingresso.

(b) Em virtude da ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III. Desta forma, a CMA indicada refere-se ao Cromo VI e o valor de investigação ao Cromo Total.

(c) Valor de investigação para solo industrial da Resolução CONAMA N° 420/2009.

(d) *Regional Screening Level (RSL) – Tapwater (Summary Table “TR=1E- 6, HQ=1”)* da USEPA (2016).




Para a hipótese de ingestão de água subterrânea por receptores *on-site* ou *off-site*, as SQI devem atender os padrões de potabilidade da Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (2011) nos pontos de exposição, independentemente das CMA calculadas.



**MAPA ÍNDICE**



**LEGENDA**

-  Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
-  SD-xx Sondagem de reconhecimento (Investigação Confirmatória)
-  SD-xx Sondagem de reconhecimento (Investigação Detalhada)

Ponto de Coleta/Profundidade (m)	Concentração (mg/kg)
SQI	Resultado acima da CMA

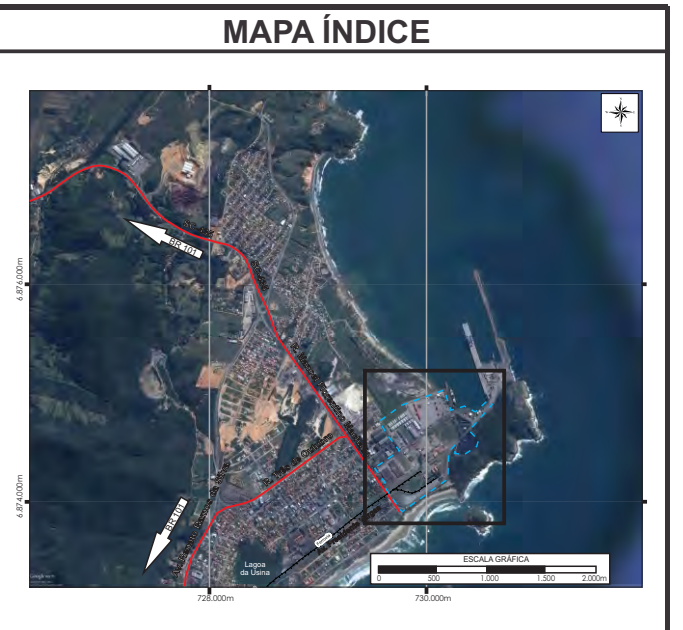
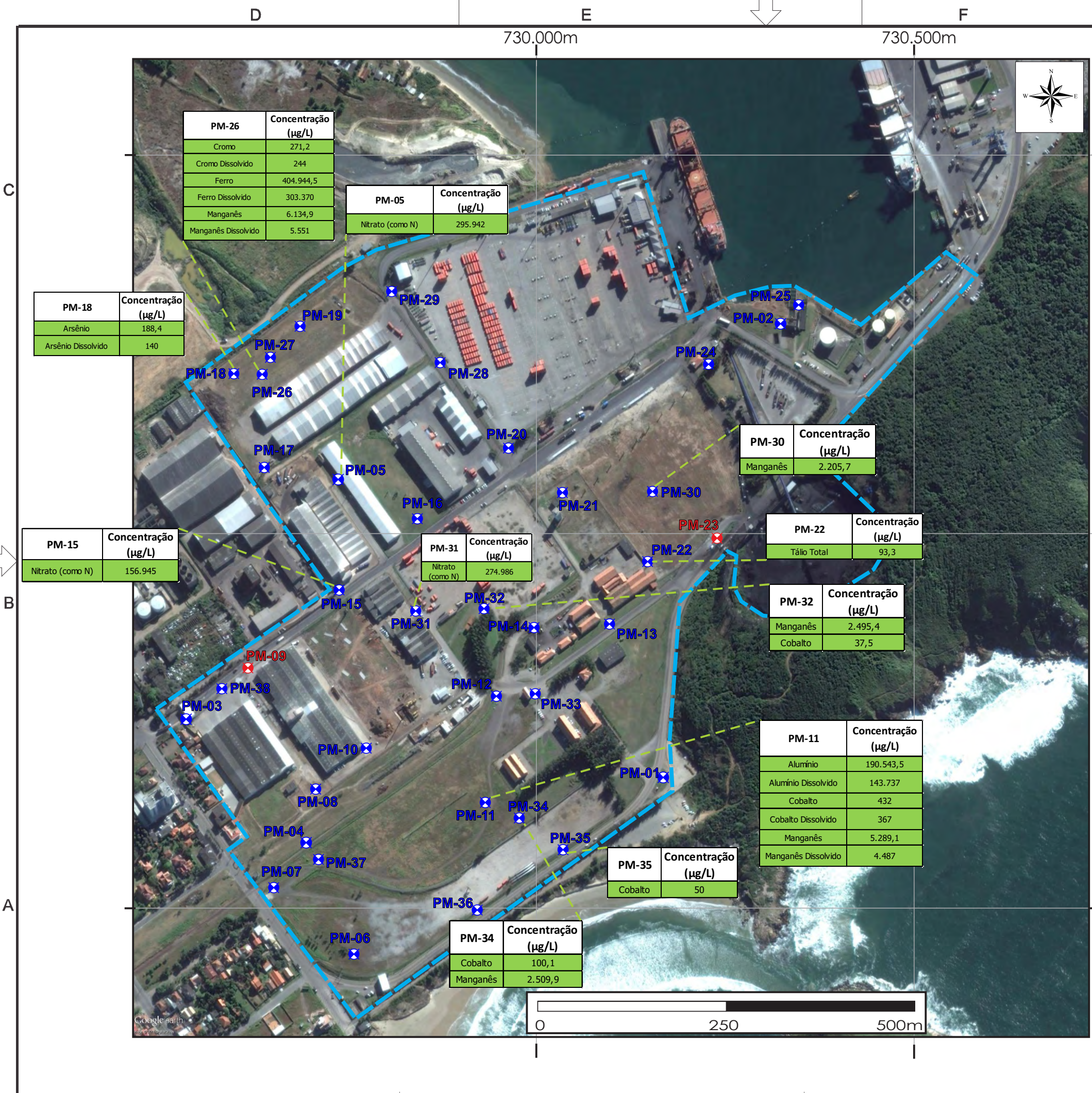
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PONTOS DE AMOSTRAGEM DE SOLO COM CONCENTRAÇÕES ACIMA DAS CMA DEFINIDAS PARA A ÁREA DE ESTUDO		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 46**





### LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- Poço de monitoramento amostrado
- Poço de monitoramento não amostrado (volume de água insuficiente para a coleta)

Ponto de Coleta	Concentração (µg/L)
SQI	Resultados acima da CMA

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS UTM - DATUM WGS 1984 - 22 South (51W)  
Base Cartográfica: Google Earth (Data da imagem: 13/06/2016)

CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA (MAIO-JUNHO/2016) COM CONCENTRAÇÕES ACIMA DAS CMA DEFINIDAS PARA A ÁREA DE ESTUDO		
DATUM	WGS 1984	FORMATO	A3
DATA	05/08/2016	ESCALA	GRÁFICA
NÚMERO			FOLHA 1 de 1

**FIGURA 47**



---

# 1 2 Incertezas da Avaliação de Risco

Todos os estudos ambientais possuem incertezas, as quais podem ser minimizadas a partir do conhecimento e controle das mesmas. O processo de avaliação de risco é formado por várias etapas e as incertezas podem, usualmente, estar associadas a todas elas. As principais fontes de incerteza deste estudo podem estar associadas aos seguintes elementos:

- Erros aleatórios e sistemáticos, desde a coleta de dados em campo por terceiros, até a entrada destes dados no modelo matemático.
- Os métodos analíticos utilizados na determinação dos parâmetros hidrogeológicos e concentração de substâncias químicas, que estão sujeitos a possíveis fontes de erros.
- A coleta de dados em campo pode não ser totalmente representativa do meio físico de interesse, gerando incertezas no sentido de subestimação – por exemplo, podem existir locais restritos com concentrações superiores ao encontrados durante a investigação.
- A dinâmica ambiental que determina variações nos parâmetros hidrogeológicos e geoquímicos ao longo do tempo como, por exemplo, as variações na direção e velocidade da água subterrânea.
- A seleção das substâncias químicas de interesse com base nos dados coletados e nas informações toxicológicas disponíveis.
- Ausência de determinados parâmetros toxicológicos e físico-químicos na literatura, excluindo os parâmetros TPH Total, Sódio e Coliformes Termotolerantes da quantificação de riscos. Como possível consequência desta exclusão, pode-se citar a subestimação do risco carcinogênico e do risco não carcinogênico para os potenciais receptores em contato com a água subterrânea, uma vez que tais SQI também podem apresentar efeitos adversos à saúde.
- Em virtude da ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III, o que pode resultar em uma superestimação dos riscos

---

carcinogênicos e não carcinogênicos associadas às concentrações de Cromo Total detectadas na água subterrânea.

- Ausência de dados toxicológicos atualizados para o Chumbo pode aumentar as incertezas sobre o risco que esta substância pode oferecer. Contudo, a quantificação do risco para o Chumbo foi realizada com as Planilhas CETESB (2013), a qual é amplamente aceita pela CETESB e demais órgãos ambientais que utilizam esta planilha.
- Variações nos parâmetros de exposição, como por exemplo, para os valores da “taxa de ingestão diária de água” considerados para os cenários de ingestão acidental de água que foram conservadores, potencializando eventuais situações de risco.
- As condições de contorno assumidas na estruturação do cenário de exposição, como as características dos receptores potenciais, fatores de exposição e parâmetros de toxicidade.
- Limitação dos modelos matemáticos quanto à representação fidedigna de todos os fenômenos que ocorrem na natureza, relacionados ao transporte e transformação de contaminantes no meio ambiente, o que pode influenciar no resultado final da avaliação de risco:
  - As concentrações de exposição para quantificação do risco aos potenciais receptores *off-site* foram estimadas por simulação matemática, sem considerar os mecanismos de retardo e biodegradação, a partir de concentrações medidas na água subterrânea dentro dos limites do Porto, podendo não representar a real distribuição dos contaminantes neste compartimento ambiental nos pontos de exposição *off-site*.
  - Para a quantificação do risco a partir da via de inalação, foi necessário estimar uma concentração de exposição no ar a partir da concentração medida em solo, considerando-se parâmetros do meio físico tabelados pela CETESB na ausência de dados específicos da área de estudo (cenário conservador)
- A quantificação dos riscos a um determinado receptor exposto a diversos contaminantes não considera possíveis sinergismos ou antagonismos entre as substâncias, assumindo que o metabolismo e o mecanismo de ação das substâncias sejam semelhantes. Neste estudo foram seguidas as diretrizes da ABNT NBR 16209:2013, que somam os riscos para substâncias

---

carcinogênicas e adicionam os índices de perigo para substâncias não carcinogênicas. Estas premissas visam auxiliar a prevenção de uma subestimação do risco de câncer ou dos efeitos não cancerígenos à saúde em uma área de estudo.

- A abordagem considerada para delimitação das “áreas de influência” de cada ponto de monitoramento para elaboração dos mapas de risco.

Para minimizar os efeitos das fontes de incertezas, todos os dados de entrada utilizados foram verificados e selecionados, e foram consideradas condições suficientemente conservadoras em todo o processo de avaliação de risco, favoráveis à proteção da saúde humana e do meio ambiente.



---

# 13 Cubagem de Solo

De acordo com os resultados analíticos das 115 amostras de solo coletadas na área do Porto de Imbituba (65 amostras na Investigação Confirmatória e 50 amostras na Investigação Detalhada), apenas a amostra SD32/0,5m e sua réplica (SD32/0,5m-Réplica), coletadas no dia 17/12/2015 na área da “toca do rato”, apresentaram concentrações de contaminantes acima dos valores de referência considerados.

Em ambas as amostras, coletadas sob o piso do boxe onde se encontravam depositados tambores contendo ascarel (identificado como “Dep. 2” na planta fornecida – ANEXO 15), o PCB foi o único parâmetro que apresentou concentrações acima do Valor de Investigação Industrial da Resolução CONAMA N° 420/2009. Em função da detecção de concentração de PCB acima do valor orientador, a amostra SD32/0,5m foi classificada, em conformidade com a ABNT NBR 10004, como Resíduo Classe I – Perigoso (FEESC, 2016).

De acordo com a descrição e o perfil litológico apresentados para a sondagem SD-32 (FEESC, 2016), também foi verificado solo com aspecto oleoso durante a perfuração. Esta sondagem foi interrompida a 0,55 m de profundidade, antes da ocorrência do lençol freático, em função da identificação de base impenetrável (suspeita-se da possibilidade de existência de uma segunda laje de concreto no subsolo). As interferências físicas identificadas na área da “toca do rato” (paredes e cobertura da edificação existente, piso de concreto, base enterrada no subsolo) e as restrições intrínsecas do método de perfuração, limitaram a delimitação detalhada neste ponto específico. Desta forma, a estimativa da cubagem do solo a ser remediado foi realizada com base nas seguintes informações disponíveis:

- i. Histórico de utilização do local: antigo depósito de ascarel (armazenado em tambores), transformadores e peças inutilizadas. Os tambores contendo cerca de 4.000 L de ascarel foram removidos em 04/10/2015 (remoção de fonte primária de contaminação). Os dados históricos são fundamentais para o conhecimento da delimitação da contaminação.
- ii. Planta baixa da edificação existente na área de interesse, apresentada no ANEXO 15. Conforme informações fornecidas pelos técnicos da SCPAr Porto de Imbituba, o armazenamento de tambores contendo ascarel foi realizado apenas no compartimento identificado como “Depósito 2” (Dep. 2), que

---

possui área de 9,48 m<sup>2</sup>, e fica localizado no centro da edificação, na parte frontal. A edificação possui área total de 261,33 m<sup>2</sup>.

- iii. Consolidação dos resultados obtidos nas etapas de Avaliação Preliminar, Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada, dentro os quais destacam-se, além dos resultados supracitados para a SD-32:
- a. As amostras de solo SD31/0,5m (coletada na “Sala 1” da edificação existente na “toca do rato”, em 17/12/2015 – Investigação Confirmatória) e SD33/0,7m (coletada no entorno da referida edificação, próximo à “Sala 6”, em 17/12/2015 – Investigação Confirmatória) não apresentaram concentrações de S<sub>QI</sub> acima dos valores de referência considerados (Figura 48).
  - b. Os resultados da amostra de água subterrânea coletada no poço PM-25 (instalado entre o mar da Praia do Porto e a referida edificação), em 16/02/2016 (campanha de monitoramento da Investigação Confirmatória), não indicaram concentrações de S<sub>QI</sub> acima dos valores orientadores.
  - c. Na campanha da Investigação Detalhada, foi quantificado acima do valor de referência no poço PM-25 apenas o parâmetro Coliformes Termotolerantes.
  - d. O nível d’água no PM-25 oscilou entre 1,70 m (12/01/2016) e 1,57 m (02/06/2016), medidos a partir da boca do poço de monitoramento (cota = 2,147m). Considerando a cota da sondagem SD-33 (1,808 m), executada ao lado do PM-25, estima-se que o lençol freático na área da “toca do rato” esteja entre 1,23 m e 1,36 m de distância do nível do terreno.
- iv. Recomendações da norma ABNT 15515-3 para traçar o limite horizontal da área de solo contaminado: a ocorrência de PCB e resíduo oleoso no solo até 0,55 m de profundidade (SD-32), foram delimitadas horizontalmente de acordo com a ABNT NBR 15515-3, considerando como limite horizontal da área de solo contaminado o ponto situado na metade da distância entre o ponto de amostragem que apresentou concentrações de PCB superior ao valor de investigação e material oleoso (SD-32) e os pontos de amostragem que apresentaram concentrações desta S<sub>QI</sub> inferiores ao valor de investigação e ausência de material oleoso (SD-31 e SD-33) (Figura 49).

A Tabela 34 apresenta as estimativas dos volumes de solo total contaminado “natural” e “solto”, presente na área da “toca do rato”, calculadas conforme orientações da ABNT NBR 15515-3, em função da área de ocorrência e da espessura média de solo impactado.

Como a textura do solo local é predominantemente arenosa, foi considerado o fator de empolamento igual a 1,15 (MCNALLY, 1998) para estimativa do volume de solo solto, e uma massa específica de 1.590 kg/m<sup>3</sup> (Tabela 15), para estimativa da massa de solo a ser removida (Tabela 34).

Para reduzir as incertezas sobre a delimitação da área contaminada e cubagem do solo a ser remediado, recomenda-se, conforme preconizado no Capítulo 10.000 do Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (2001), a realização de ações de investigação complementar para fins de remediação.

**Tabela 34: Estimativa do volume e da massa de solo contaminado a ser remediado na área da “toca do rato”**

Identificação da área de solo contaminado delimitada	Área superficial de solo contaminado (m <sup>2</sup> )	Profundidade média de solo contaminado (m)	Volume de solo (natural) contaminado (m <sup>3</sup> )	Fator de empolamento (-)	Volume de solo solto (escavado) (m <sup>3</sup> )	Massa específica do solo natural (kg/m <sup>3</sup> )	Massa de solo a ser removida (ton.)
Cava 1	36,48	0,55	20,1	1,15	23,1	1.590	31,9

**Obs.:** Valores estimados de volume e massa de solo contaminado a ser remediado com base nas informações disponíveis. As estimativas de volume e massa de solo a ser removido poderão variar em função dos valores adotados para o fator de empolamento e densidade do solo, que deverão ser confirmados de acordo com as características reais do solo e dos resíduos presentes na área. Além disso, as estimativas de volume e massa também poderão variar em função da delimitação horizontal e vertical das ocorrências de contaminação no solo, que deverá ser confirmada por meio de investigações complementares.

### Informações Complementares

Com base nas informações disponíveis, observa-se que uma das técnicas de remediação viável para o cenário de contaminação identificado consiste na escavação do solo contaminado seguido de tratamento/disposição *ex-situ off-site*, em função das seguintes justificativas:

- As ocorrências de PCB e resíduos oleosos no solo podem ser de difícil remediação por técnicas *in-situ* (elevada concentração de PCB quantificada);
- Necessidade de execução de medidas de intervenção emergenciais, em virtude do risco potencial associado à presença de PCB no solo, visando à segurança da população e demais bens a proteger, evitando a contaminação de novas áreas;

- 
- As ocorrências de contaminação estão possivelmente localizadas em profundidades superficiais, facilitando a realização de escavações;
  - De acordo com informações fornecidas pelos técnicos da SCPar Porto de Imbituba, está sendo avaliado como possível uso futuro da área da “toca do rato”, a demolição da edificação existente para construção de novas instalações, o que facilitaria a realização de escavações.

As principais vantagens desta técnica são:

- Permite a retirada total das fontes de contaminação. No entanto, vários procedimentos deverão ser contemplados na sua execução, de forma a evitar a contaminação de outros locais (transferência de passivos de um compartimento ambiental a outro durante escavação, armazenamento, transporte e disposição dos materiais contaminados), bem como impedir a exposição humana, durante a execução da mesma.
- É uma das práticas mais tradicionais e consagradas dentre aquelas empregadas na remediação de locais contaminados. É amplamente utilizada em todo o mundo e no Brasil na remediação de áreas contaminadas, podendo ser utilizada em combinação com outros métodos de remediação. A CETESB (2001) e USEPA (1995) contemplam esta técnica em seus protocolos de recuperação de áreas contaminadas.
- Prazo de execução mais curto e descomissionamento mais rápido da área quando comparado com outras técnicas de remediação.

Alternativamente, poderá ser avaliada a aplicação de outras técnicas de remediação:

- Tratamento *in situ* químico ou biológico: aplicação de técnicas *in situ* para remoção de contaminantes, ex.: oxidação química, redução química, biorremediação, extração por solventes orgânicos, ou combinação de técnicas;
- Aplicação de técnicas combinadas de remoção física, tratamento químico, biológico *in situ* e solidificação/estabilização.

Independentemente da técnica de remediação a ser definida para a área da “toca do rato”, deverá ser elaborado um Projeto Detalhado de Remediação (PDR), contendo a descrição detalhada das ações necessárias para delimitação e remediação do solo contaminado, bem como o monitoramento da eficácia das ações a serem

---

executadas, considerando o uso atual e futuro da área, segundo as normas técnicas e/ou procedimentos vigentes.

O PDR é um instrumento utilizado como base técnica para o órgão gerenciador ou órgão de controle ambiental avaliar a possibilidade de autorizar ou não a implantação e operação dos sistemas de remediação propostos.

No caso de se optar pela aplicação da técnica de escavação e tratamento *ex-situ off site* de solos contaminados, são apresentados a seguir alguns aspectos básicos a serem contemplados no PDR e orientações gerais para execução da escavação de solos, considerando as informações disponíveis no momento sobre o cenário de contaminação presente na área da “toca do rato”. Neste caso, as ações de investigação complementar poderão ser executadas em paralelo à execução do projeto de escavação, em função da necessidade de execução de medidas de intervenção emergenciais, em virtude do risco potencial associado à presença de PCB no solo. Sendo assim, a seguir também são apresentadas algumas considerações para esta investigação, assumindo a sua execução em paralelo à execução do PDR.

- a. **De acordo com a CETESB (2001), o PDR deverá contemplar: memorial descritivo; desenhos, plantas e mapas; cronograma de execução; plano de segurança e saúde; plano de operação e manutenção, monitoramento e contingências; programa de relatórios de andamento. Em relação ao memorial descritivo do PDR por escavação, este deverá incluir: ações de investigação para delimitação da área e cubagem de solo contaminado a ser removido; apresentação da técnica a ser empregada para escavação; tratamento da água e de eventual produto sobrenadante proveniente do afloramento no interior das escavações (caso necessário); transporte e destinação final dos solos escavados; avaliação da eficiência e eficácia das remoções efetuadas; e restauração das escavações.**
- b. O PDR deverá prever ações de investigação complementar para fins de remediação do solo, objetivando a completa delimitação horizontal e vertical da ocorrência de solo contaminado com PCB e com aspecto oleoso. Segue abaixo algumas ações que poderão ser contempladas:
  - i. Remoção do piso de concreto nas regiões onde há indícios visuais de vazamento e infiltração de compostos oleosos com objetivo de identificação visual do solo superficial eventualmente contaminado a ser removido. Esta remoção poderá ser realizada com auxílio de escavadeira e/ou rompedor hidráulico (atentar para a eventual ocorrência de interferências subterrâneas

---

não mapeadas ou outras interferências). Os resíduos de concreto deverão ser classificados e destinados em conformidade com a Resolução CONAMA N.º 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, e suas alterações (Resoluções CONAMA N.º 348/2004, 431/2011 e 448/2012).

- ii. Execução de sondagens e coleta de amostras de solo para análises químicas.  
**Recomenda-se a execução de, pelo menos, 08 sondagens investigativas conforme locação proposta na Figura 50,** a ser confirmada em campo em função da presença de interferências. As sondagens deverão ser prioritariamente localizados a fim de abranger as zonas atuais de incerteza, nas áreas que não foram abrangidas pelas sondagens já executadas. As sondagens deverão ser executadas após a remoção do piso de concreto, sendo que a localização e quantitativo propostos deverão ser revisados em função da identificação visual de solo superficial eventualmente contaminado. Caso estas sondagens apresentem ocorrências de contaminação, deverá ser avaliada a necessidade de novas sondagens e instalação de poços de monitoramento adicionais para completa delimitação das mesmas pela equipe técnica qualificada, e também, a necessidade de ampliação do sistema de remediação com a inclusão de novas áreas de escavação, ou a necessidade de utilização de outra técnica de remediação ou de medidas de controle complementares, com ciência dos órgãos envolvidos no controle ambiental.
- iii. Medições de VOC em campo em cada sondagem, a cada 0,5 m perfurado, com equipamento portátil, devidamente calibrado (aparelho tipo PID - *Photo Ionization Detector*, com escala de 0 a 10.000 ppm, com recurso de eliminação do gás metano), para verificação expedita da presença de contaminação no solo.
- iv. Coleta de duas amostras simples de solo por sondagem, sendo uma em superfície e outra na profundidade que apresentar a maior concentração de VOC ou em caso de valores nulos, no horizonte situado logo acima da franja capilar. Considerando que a área possui histórico de armazenamento de equipamentos e peças diversas, recomenda-se que as amostras de solo sejam analisadas para todos os parâmetros contidos no Anexo II da Resolução CONAMA N.º 420/2009 e TPH Total. As análises deverão ser realizadas por laboratório que apresente certificação conforme ABNT ISO/IEC 17025/2005 para todos os parâmetros. Os laudos analíticos a serem emitidos deverão ser

---

acompanhados da Cadeia de Custódia das Amostras e do Relatório de Recebimento das Amostras.

- v. Para a realização das sondagens e amostragem de solos deverão ser observados os procedimentos constantes nas normas técnicas ABNT NBR 15492 e ABNT NBR 16435, e as orientações contidas no Capítulo 6.300 - Amostragem do Solo, do Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (2001).
- vi. Caso sejam identificados horizontes contendo indícios visuais da presença de resíduos oleosos (ex.: borra oleosa, produto oleoso, etc.), deverão ser coletadas amostras para caracterização dos resíduos, conforme as normas ABNT NBR 10004, ABNT NBR 10005, ABNT NBR 10006 e ABNT NBR 10007, visando a definição da melhor alternativa de tratamento.
- vii. As sondagens deverão ser executadas, pelo menos, até a profundidade do lençol freático, sendo que a profundidade máxima dependerá dos indícios de contaminação encontrados, ou seja, enquanto forem identificados indícios visuais de contaminação, a sondagem deverá ser continuada, visando delimitar verticalmente a profundidade da contaminação.
- viii. Durante a execução das sondagens é necessário adotar medidas para evitar o rompimento de selos estratigráficos, migração de contaminantes na perfuração e alterações na drenança entre aquíferos.
- ix. Caso a perfuração do solo encontre o embasamento rochoso antes da ocorrência do lençol freático, a sondagem não deverá ser aprofundada, mas a descrição estratigráfica da sondagem realizada deverá ser documentada e apresentada. Neste caso, o técnico responsável deverá avaliar a possibilidade de executar uma sondagem substituta à jusante, com maior possibilidade de encontrar o aquífero livre.
- x. Deverá ser prevista avaliação prévia da presença de interferências subterrâneas e aéreas para evitar a ocorrência de acidentes, danos às estruturas e de vazamentos durante a execução das sondagens. Para esta avaliação deverão ser realizadas consultas aos funcionários responsáveis, plantas baixas e/ou mapas base das instalações. Também deverão ser adotadas as medidas necessárias para isolamento das instalações elétricas.
- xi. Todas as informações relevantes deverão constar nas fichas de sondagem, conforme preconizado na norma ABNT NBR 15492.
- xii. Uma alternativa para investigação do solo, em substituição ou de forma complementar as sondagens investigativas, consiste na execução de trincheiras

- 
- com auxílio de escavadeira ou de forma manual, pelo menos até o nível do lençol freático (a profundidade máxima dependerá dos indícios de contaminação encontrados), e coleta de amostras de solos para análises químicas.
- xiii. O levantamento planialtimétrico cadastral da área de interesse deverá ser complementado com a identificação e localização das novas sondagens (coordenadas UTM e cota altimétrica referenciada ao nível do mar).
- xiv. A delimitação final e cubagem da área contaminada deverão ser apresentadas no Relatório de Operação da Remediação, considerando-se os resultados da investigação complementar.
- c. A remoção do solo por escavação deverá sempre considerar os critérios de estabilidade do terreno em função da presença de edificações na área, preservando-se sua integridade. O projeto detalhado para as escavações previstas deverá considerar os aspectos de estabilidade de taludes e forma de execução.
- d. As escavações deverão ser realizadas com formação de taludes para garantir a estabilidade das cavas e das estruturas existentes e a segurança dos trabalhadores e equipamentos envolvidos.
- e. Deverá ser previsto o monitoramento geotécnico do entorno das escavações, visando à garantia de estabilidade das utilidades presentes na área (o PDR deverá apresentar orientações relacionadas aos procedimentos de escavação, com a finalidade de subsidiar a avaliação da estabilidade dos taludes de escavação, o dimensionamento da geometria segura para escavação e a definição do plano de monitoramento geotécnico durante o processo de escavação). Para as escavações em profundidades superiores a 1,5 m, deverá ser elaborado projeto geotécnico para contenção e escoramento das paredes das cavas, que deverá ser fornecido pela empresa executora.
- f. As dimensões da área de investigação/escavação, bem como a ordem de execução, deverão ser confirmados e ajustados em campo durante a execução do PDR, em função dos resultados das investigações complementares e de inspeções visuais.
- g. As escavações deverão ser realizadas até a profundidade a ser identificada durante as investigações complementares. No caso do horizonte de solo contaminado a ser removido estar situado abaixo do nível d'água, deverá ser efetuado o rebaixamento do lençol freático.

- 
- h. A eventual fase livre que venha se acumular nas cavas durante o processo de escavação, deverá ser bombeada direto do seu interior, juntamente com a eventual água subterrânea e possível fase dissolvida, para tratamento e destinação final adequada.
  - i. No caso da ocorrência de chuvas durante o dia de trabalho, todas as atividades de remediação em área externa deverão ser paralisadas até o término das precipitações, devendo ser cobertos com lona plástica todas as cavas em execução (objetivo: evitar o acúmulo de águas provenientes de precipitações no interior das cavas). Esta cobertura das cavas em execução em área externa deverá ser efetuada após o término de cada dia de trabalho.
  - j. Os locais de escavação e de estocagem de solos deverão ser isolados com tapumes, tela de segurança ou outro tipo de cercamento, e com cones de sinalização, evitando o acesso de pessoas não autorizadas à área.
  - k. Caso seja observado que não há condições seguras de trabalho em uma ou mais atividades de remediação por qualquer motivo, estas deverão ser paralisadas até que as condições de segurança sejam reestabelecidas.
  - l. As operações de escavação, carregamento, transporte, reaterro e compactação deverão ser realizadas com equipamentos apropriados.
  - m. Prezando pela segurança de todos os trabalhadores envolvidos na execução do projeto de remediação, de funcionários do Porto, visitantes e transeuntes, deverão ser definidas rotas de acesso e circulação internas na área de interesse para todos os veículos e máquinas ligados direta ou indiretamente aos serviços de remediação.
  - n. Durante as escavações (e também na remoção do piso de concreto indicada na alínea b.1), deve-se atentar para a eventual ocorrência de interferências subterrâneas não mapeadas (tubulações, envelopes elétricos, etc.) ou outras interferências (paredes, lajes, etc.). Desta forma, recomenda-se à empresa executora a avaliação prévia da presença de interferências subterrâneas e aéreas, e a possibilidade de escavação manual onde as mesmas forem encontradas, para evitar a ocorrência de vazamentos, acidentes e danos às estruturas. Para avaliação destas interferências, recomenda-se realizar consultas aos funcionários da SCPar Porto de Imbituba e às plantas baixas das instalações e, caso necessário, investigação através de geofísica. Também deverão ser adotadas as medidas necessárias para isolamento das instalações elétricas.

- 
- o. Com o aprofundamento das escavações, poderão ser encontradas ocorrências laterais, que também deverão ser removidas, respeitando-se os critérios de estabilidade do terreno.
  - p. Após a remoção do solo contaminado e drenagem da eventual água acumulada no interior das escavações, deverão ser coletadas amostras simples de solo no fundo e nas paredes laterais das escavações, para análises químicas, visando avaliar quantitativamente a eficiência da remoção do solo, bem como registrar a possível presença de contaminação residual em solo.
  - q. O número de amostras deverá ser representativo e proporcional às dimensões das cavas. As amostras deverão ser coletadas conforme esquema apresentado na Figura 51.
  - r. As amostras coletadas do fundo e das laterais da cava deverão ser analisadas para todos os parâmetros contidos no Anexo II da Resolução CONAMA N° 420/2009 e TPH total.
  - s. Imediatamente após a amostragem, as cavas deverão ser recompostas parcialmente por meio do seu preenchimento com solo limpo proveniente de jazida reconhecida e devidamente autorizada (semelhante ao do local escavado, com propriedades geotécnicas adequadas para o uso pretendido na área e ausência de contaminação comprovada por análises químicas) ou com solo limpo segregado da própria escavação. Este reaterro parcial visa evitar o afloramento do lençol freático e reduzir os riscos de quedas e desmoronamentos associados à cavas abertas.
  - t. Se os resultados indicarem a presença de substâncias com concentrações acima dos valores de investigação, que ofereçam risco à saúde dos potenciais receptores, a escavação deverá ser retomada, exceto se houver limitação de qualquer outra natureza, impedindo a sequência das escavações.
  - u. Constatada a ausência de substâncias com concentrações acima dos valores de investigação nas amostras de solo do fundo e laterais, as cavas deverão ser completamente recompostas com solo limpo até suas cotas originais do terreno (área de escavação remediada).
  - v. Deverá ser apresentada planta detalhada com a delimitação final das áreas contaminadas removidas e indicação das profundidades de escavação.
  - w. Em virtude dos riscos potenciais associados as SQI deverão ser adotadas todas as medidas de SMS necessárias, em conformidade com as Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho, disponíveis no site do Ministério de Trabalho e Emprego. Os trabalhadores que irão trabalhar nas atividades de investigação

---

complementar, remediação e monitoramento deverão utilizar EPIs adequados e necessários para evitar o contato com solo local contaminado com PCB e material oleoso e também para evitar a inalação de vapores.

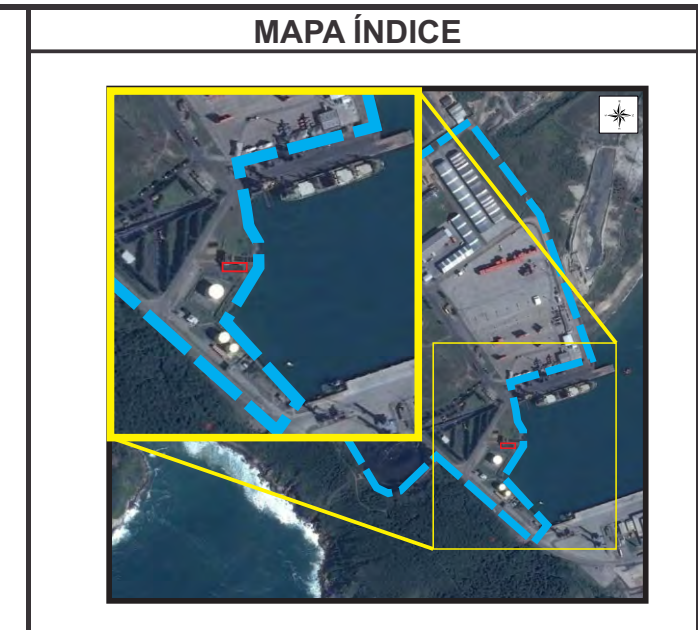
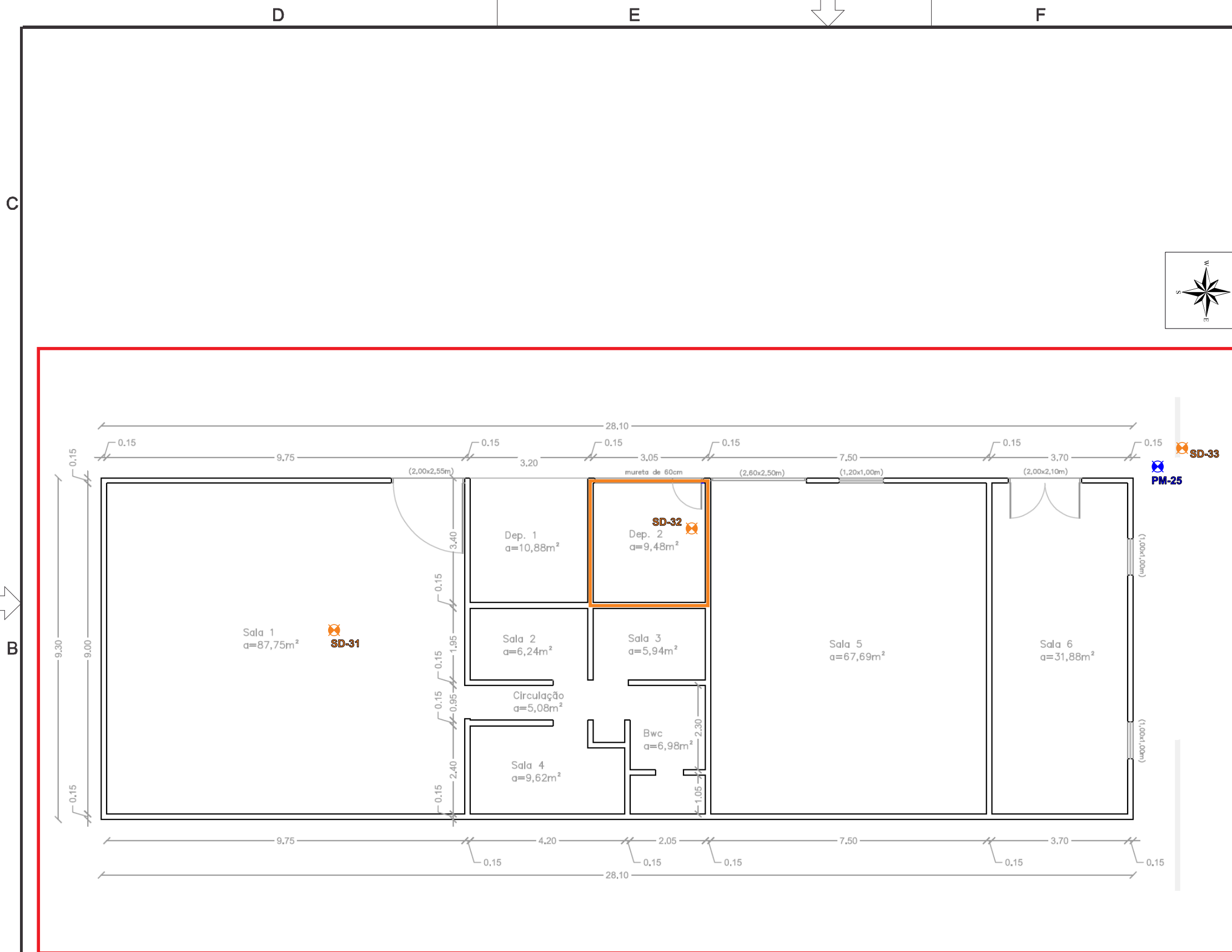
- x. Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) deverão ser utilizados quando aplicável e em conformidade com a legislação vigente, nos locais e áreas de risco onde serão executados os serviços.
- y. O setor de SMS do Porto de Imbituba também deverá ser acionado para definição das ações específicas adequadas aos locais em escavação.
- z. O transporte rodoviário dos resíduos para tratamento/disposição final deverá ser realizado por empresas devidamente licenciadas nos órgãos ambientais pertinentes para transportar produtos perigosos, seguindo as regras e procedimentos estabelecidos pelo Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), sem prejuízo do disposto nas normas específicas de cada produto, e em conformidade com as normas técnicas da ABNT relacionadas.
- aa. Toda a documentação necessária para o transporte de resíduos deverá ser providenciada pelas empresas executora, de transportes, de destino e pela SCPar Porto de Imbituba, incluindo, mas não limitando-se, a notas fiscais, manifesto de transporte de resíduos (MTR) e tickets de pesagem. Além disso, a SCPar Porto de Imbituba deverá definir uma empresa para atendimento a eventuais emergências relacionadas ao transporte de solos contaminados.
- bb. Deverão ser obtidas, junto aos Órgãos Competentes, todas as autorizações e licenças necessárias à realização dos serviços, bem como a anuência dos locais receptores dos resíduos. Também deverão ser apresentadas as licenças ambientais dos locais de destinação e tratamento, os quais deverão possuir todos os sistemas de controle e monitoramento ambiental necessários para as referidas atividades. Caso seja necessário o armazenamento temporário de resíduos, nos locais de destinação e tratamento, os mesmos deverão estar licenciados para este fim e ter instalações específicas, não sendo permitido o armazenamento em locais não autorizados.
- cc. Os resíduos e solos contaminados, removidos e encaminhados para estes locais, deverão ter rastreabilidade, onde, toda a cadeia do processo, desde a origem até o tratamento final, deverá estar plenamente descrita e identificada, de forma que seja possível a sua auditoria.
- dd. Deverão ser entregues à SCPar Porto de Imbituba todos os Documentos e/ou Certificados de Disposição Final e/ou Destruição de Resíduos. Estes deverão ser

---

emitidos por área de investigação/escavação, preservando-se a rastreabilidade dos solos removidos.

ee. Para remediação *ex-situ* de solos contaminados e resíduos, poderão ser utilizados tratamentos biológicos, térmicos ou coprocessamento, salientando que os mesmos devem ser caracterizados previamente, por meio de análises químicas, conforme a norma ABNT NBR 10004. Para a opção de tratamento biológico, a empresa executora deverá realizar ensaios prévios, comprovando a biodegradabilidade dos resíduos.

**ff. A descrição detalhada das ações de investigação, remediação e monitoramento a serem executadas na área da “toca do rato” deverão ser apresentadas no PDR, o qual deverá ser encaminhado ao Órgão Ambiental para aprovação.**



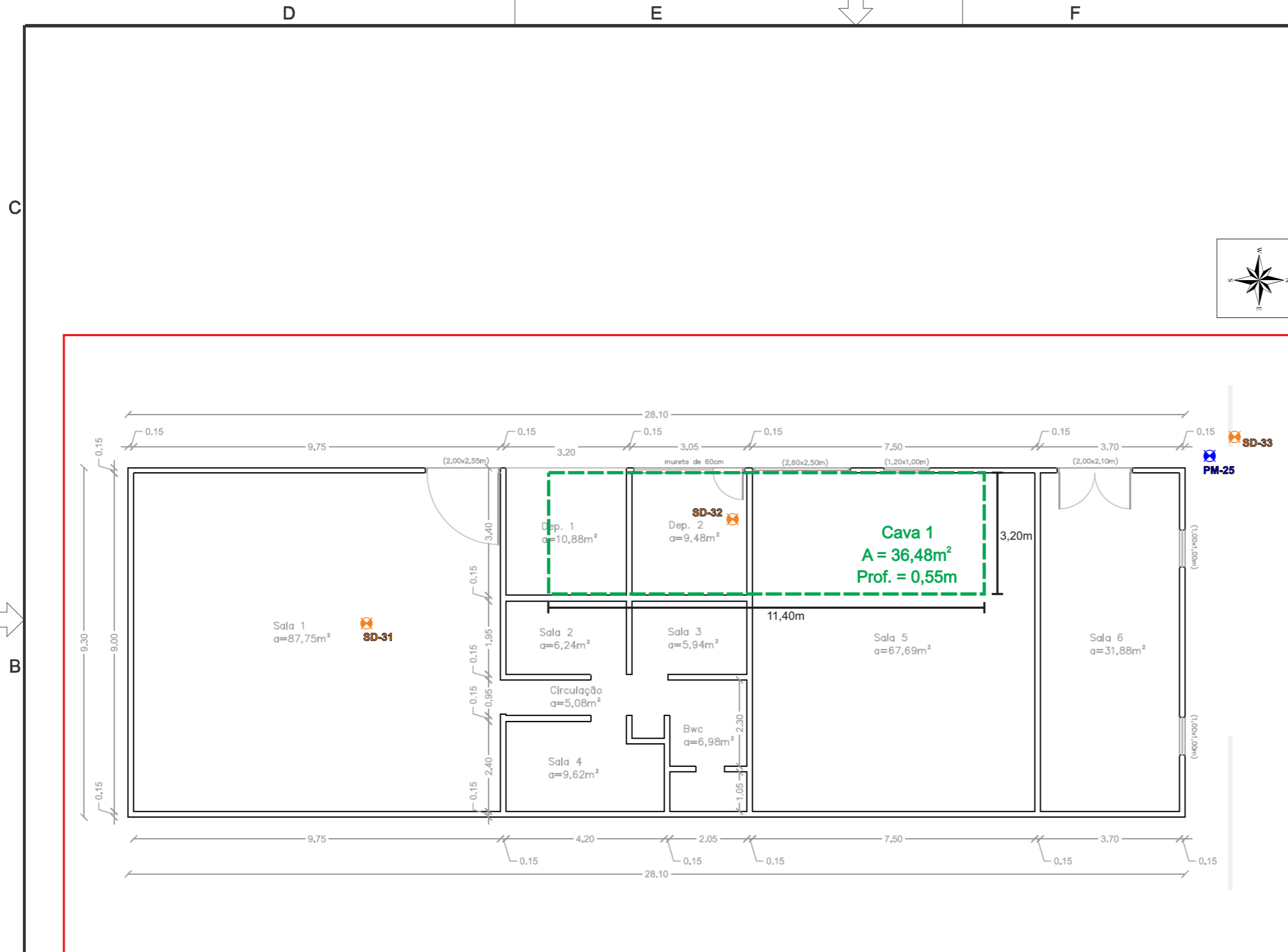
- LEGENDA**
- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
  - Área da "toca do rato"
  - Área do antigo depósito de tambores contendo ascarel
  - Sondagem de reconhecimento executada
  - Poço de monitoramento instalado

Logos of the project partners:

- FEESC
- SCPAR PORTO DE IMBITUBA
- SCPar
- GOVERNO DE SANTA CATARINA

CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA	
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO	
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA	
TÍTULO	LOCALIZAÇÃO EM PLANTA DAS SONDAGENS EXECUTADAS E POÇO DE MONITORAMENTO INSTALADO NA ÁREA DA "TOCA DO RATO"	
DATUM	FORMATO A3	FOLHA 1 de 1
DATA 01/08/2016	ESCALA GRÁFICA	
NÚMERO	FIGURA 48	





MAPA ÍNDICE



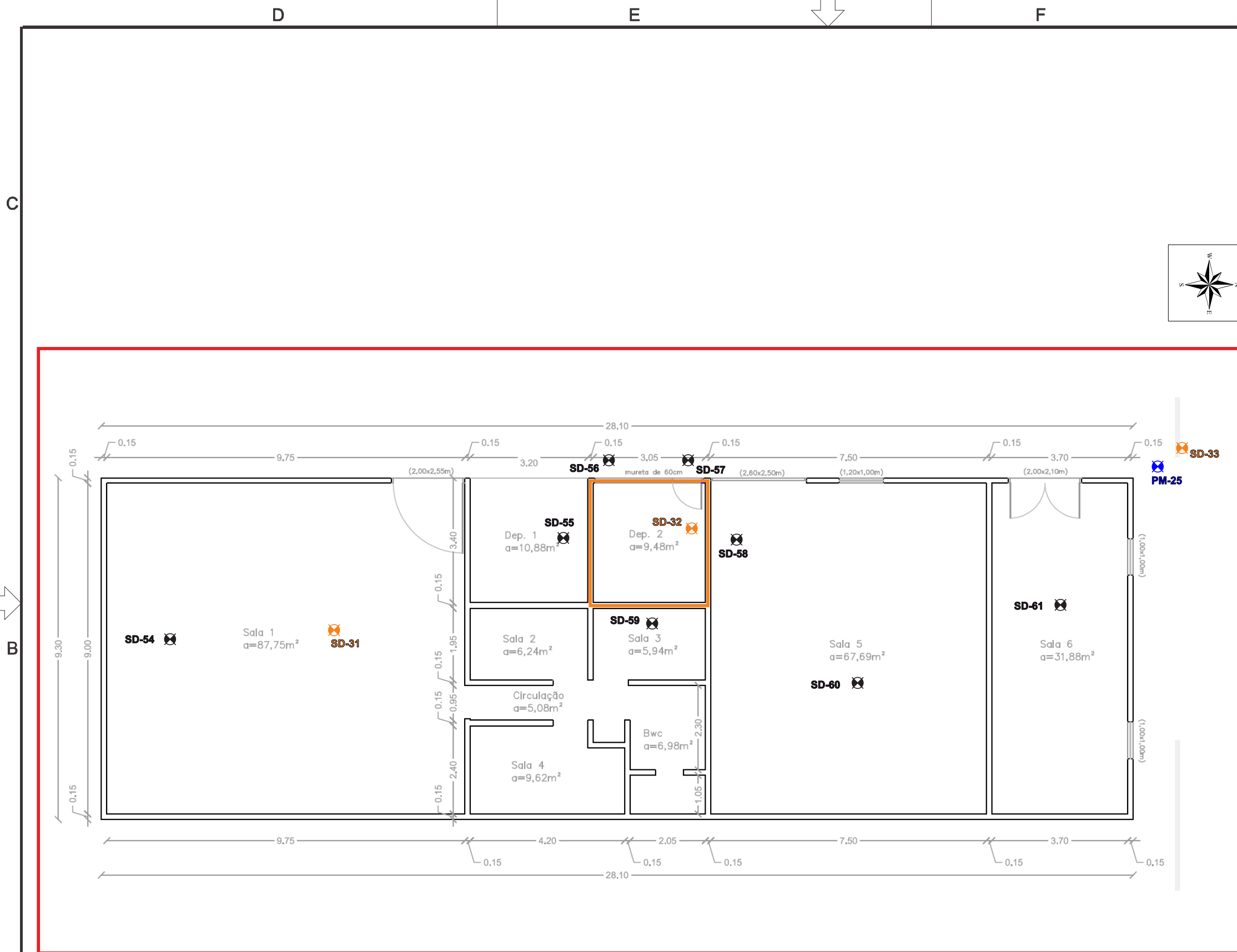
LEGENDA

- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- Área da "toca do rato"
- Delimitação da área estimada de solo contaminado (ABNT NBR 15515-3)
- Sondagem de reconhecimento executada
- Poço de monitoramento instalado



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA	
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO	
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA	
TÍTULO	DELIMITAÇÃO DA ÁREA ESTIMADA DE ESCAVAÇÃO PARA REMOÇÃO DO SOLO CONTAMINADO NA ÁREA DA "TOCA DO RATO"	
DATUM	FORMATO A3	FOLHA 1 de 1
DATA 01/08/2016	ESCALA GRÁFICA	
NÚMERO	FIGURA 49	





### MAPA ÍNDICE



### LEGENDA

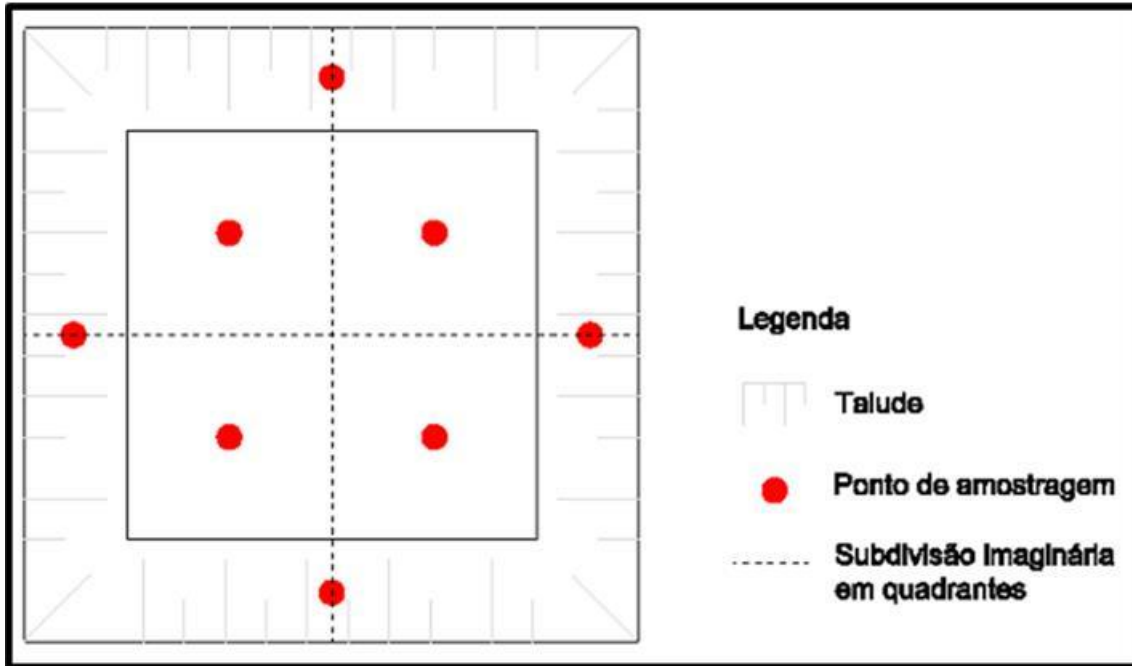
- Área de Interesse para o Estudo de Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Águas Subterrâneas
- Área da "toca do rato"
- Área do antigo depósito de tambores contendo ascarel
- Sondagem de reconhecimento executada
- Poço de monitoramento instalado
- Sondagem proposta para investigação complementar (SD-54 a SD-61)



CLIENTE	SCPAR PORTO DE IMBITUBA		
PROJETO	ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ETAPA III - INVESTIGAÇÃO DETALHADA E ETAPA IV - AVALIAÇÃO DE RISCO		
ÁREA	PORTO ORGANIZADO DE IMBITUBA		
TÍTULO	LOCALIZAÇÃO DAS SONDAJENS PROPOSTAS PARA INVESTIGAÇÃO COMPLEMENTAR NA ÁREA DA "TOCA DO RATO"		
DATUM	FORMATO	FOLHA	
DATA	ESCALA	A3	1 de 1
01/08/2016	GRÁFICA		
NÚMERO	FIGURA 50		



Figura 51: Esquema de amostragem das cavas





---

# 14 Condições e Limitações

O Relatório Técnico da Investigação Detalhada e Avaliação de Risco foi elaborado a partir de dados obtidos durante a execução dos serviços de campo, dados disponíveis em documentos técnicos fornecidos pela SCPar Porto de Imbituba S/A, laudos analíticos, perfis litológicos e construtivos, relatório topográfico, vistorias de campo, informações fornecidas pelos técnicos da SCPar Porto de Imbituba S/A por comunicação verbal e email, com base em normas técnicas e na legislação vigente.

O desenvolvimento deste estudo tomou como base exclusivamente o conhecimento técnico existente no momento de sua elaboração e o escopo quantitativo estabelecido em contrato entre a FEESC e SCPar Porto de Imbituba. Caso sejam obtidas novas informações relacionadas à área de interesse, as mesmas não farão parte do escopo deste estudo, sendo necessária a elaboração de novo estudo, ou contempladas na forma de complementação.

A área avaliada constitui um sistema aberto, envolvendo ciclos hidrobiogeoquímicos totalmente dinâmicos, os quais podem afetar o transporte e a transformação dos contaminantes ao longo do tempo e, portanto, os resultados obtidos em cada monitoramento ambiental.

Novos aportes de contaminantes que eventualmente tenham ocorrido na área de fontes diversas após os monitoramentos realizados, ou mesmo qualquer contaminação não identificada nas amostras de solo e água subterrânea, não fazem parte do escopo deste estudo.

Também devem ser observadas as limitações e incertezas inerentes às metodologias analíticas aplicadas para quantificação da contaminação nas matrizes avaliadas (solo e água subterrânea).

Os parâmetros hidrogeológicos foram determinados por meio de modelos matemáticos, que podem ser definidos como reproduções idealizadas de algumas ou todas as características físicas de um processo natural (ou parte dele) por meio de equações, que tem como função representar um sistema e antecipar eventos. Sendo assim, todos os modelos apresentam vantagens e desvantagens, e seus resultados devem ser utilizados de forma criteriosa para apoiar tomadas de decisões.

As imagens da área de estudo utilizadas para a elaboração das figuras apresentadas neste relatório foram obtidas no programa *Google Earth*, da empresa

---

Google, disponível de forma gratuita no site da empresa (EARTH, 2015). É importante destacar que estas imagens não representam a atual situação da área de interesse (as imagens da área de estudo utilizadas datam de 05/06/2013 e 09/06/2016).

As metodologias aplicadas para o levantamento topográfico planialtimétrico das sondagens e poços de monitoramento também apresentam limitações e incertezas que devem ser observadas.

Para os parâmetros de entrada das Planilhas CETESB que não estão disponíveis para a área de estudo, foram utilizados parâmetros conservadores recomendados pelas Planilhas CETESB (valores *default* do modelo).

As ferramentas computacionais de avaliação de risco também apresentam uma série de limitações. Entre as limitações das Planilhas CETESB pode-se citar:

- Banco de dados bloqueado para edição, impossibilitando a atualização dos parâmetros físico-químicos, toxicológicos e de exposição;
- Banco de dados desatualizado;
- Não apresentam mapa de risco;
- Não consideram a heterogeneidade do aquífero.

Todas as informações fornecidas pela SCPAR Porto de Imbituba ou por terceiros, obtidas através de documentos disponibilizados, como laudos analíticos, ou por comunicação verbal, foram assumidas como verdadeiras.

Este Relatório Técnico foi elaborado para a SCPAR Porto de Imbituba S/A, a qual é responsável pelo seu uso, aplicação, divulgação interna e externa.

---

# 15 Conclusões e Recomendações

A seguir são apresentados os principais resultados, conclusões e ponderações da Investigação Detalhada de passivo ambiental em solo e águas subterrâneas e do Estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins de gerenciamento ambiental da área do Porto Organizado de Imbituba:

## Investigação Detalhada

- a. O solo local caracteriza-se como predominantemente arenoso, de granulometria fina e coloração variegada. Destaca-se, também, a ocorrência de rejeitos carbonosos (resíduos de carvão) em diferentes profundidades e com distribuição heterogênea.
- b. Na área de estudo há duas direções preferenciais de fluxo das águas subterrâneas, e um divisor de fluxo na sua porção central (região do Armazém N° 1 e da Capela de São Pedro da Praia), concordante com o relevo local:
  - Direção sudoeste-nordeste (SW-NE), sentido Praia do Porto; e
  - Direção norte-sul (N-S), apresentando inflexão de noroeste para sudeste (NW-SE), sentido Canto da Praia da Vila.
- c. Os resultados de condutividade hidráulica (K) obtidos para os novos poços de monitoramento instalados variaram entre  $2,46 \times 10^{-5}$  cm/s (PM-38) e  $2,37 \times 10^{-2}$  cm/s (PM-34), condizentes com os perfis litológicos identificados para o solo local. De forma geral, a porção sul do site possui valores de K na ordem  $10^{-4}$  cm/s, e a região norte, na ordem de  $10^{-3}$  cm/s.
- d. Nenhuma das 50 amostras de solo coletadas para análises químicas dos parâmetros contidos no Anexo II da Resolução CONAMA N° 420/2009 apresentou concentrações de contaminantes acima dos valores de referência considerados.
- e. Na água subterrânea foram identificadas concentrações acima dos valores de intervenção para os seguintes parâmetros: **Alumínio** (PM-06, PM-11, PM-12, PM-15, PM-17, PM-18, PM-26, PM-32, PM-34, PM-35, PM-37 e PM-38), **Alumínio Dissolvido** (PM-06, PM-11, PM-12, PM-15, PM-17 e PM-18), **Arsênio** (PM-18), **Arsênio Dissolvido** (PM-18), **Boro** (PM-02, PM-03, PM-10, PM-15, PM-22, PM-24, PM-27 e PM-31), **Boro Dissolvido** (PM-02, PM-03, PM-10 e PM-15),

---

**Cádmio** (PM-11 e PM-35), **Cádmio Dissolvido** (PM-11), **Chumbo** (PM-32), **Cobalto** (PM-11 e PM-34), **Cobalto Dissolvido** (PM-11), **Cromo** (PM-26), **Cromo Dissolvido** (PM-26), **Ferro** (PM-11, PM-14, PM-16, PM-18, PM-26, PM-30, PM-35, PM-36 e PM-38), **Ferro Dissolvido** (PM-11, PM-16, PM-18 e PM-26), **Manganês** (PM-05, PM-10, PM-11, PM-15, PM-16, PM-18, PM-19, PM-22, PM-26, PM-27, PM-30, PM-32, PM-33, PM-34, PM-35, PM-37 e PM-38), **Manganês Dissolvido** (PM-05, PM-10, PM-11, PM-16, PM-18, PM-19, PM-22 e PM-26), **Níquel** (PM-07, PM-11, PM-12, PM-15, PM-18, PM-22, PM-33, PM-34, PM-35, PM-37 e PM-38), **Níquel Dissolvido** (PM-07, PM-11, PM-12, PM-15 e PM-18), **Tálio** (PM-22), **Zinco** (PM-11, PM-34 e PM-35), **Zinco Dissolvido** (PM-11), **Nitrato** (PM-05, PM-12, PM-15, PM-22, PM-31 e PM-32), **Coliformes Termotolerantes** (PM-15, PM-19 e PM-25), **Sódio** (PM-05, PM-15, PM-26 e PM-27) e **TPH Total** (PM-26).

- f. Em nenhum dos poços amostrados foi verificada a presença de fase livre sobrenadante.
- g. Em relação aos resultados do monitoramento *in-situ* dos parâmetros físico-químicos, destaca-se que os valores de Potencial Redox indicaram um ambiente predominantemente oxidante, com exceção dos resultados obtidos para os poços PM-16 (-5,3mV), PM-18 (-68,4 mV), PM-26 (-202,4 mV) e PM-30 (-83,9 mV), e que o pH da água subterrânea variou entre 3,27 (PM-35) e 7,66 (PM-25). Os baixos valores de pH detectados em diversos poços podem ser indicativos da potencial existência de fontes de contaminação de drenagem ácida ativas na área do Porto e/ou no seu entorno (ex.: ocorrência de substâncias ou resíduos ácidos, como a pirita, no subsolo).
- h. A amostra de solo com indícios da presença de resíduos SD41/0,5 foi classificada como Resíduo Classe II B – Inerte. Já as amostras RES-02 e RES-03 foram classificadas como Resíduos Classe II A – Não inertes, em função dos resultados dos ensaios de solubilização indicarem concentrações de Alumínio Total (RES-03), Ferro Total (RES-03), Fluoreto Total (RES-03), Manganês Total (RES-02 e RES-03) e Sulfato Total (RES-03) acima dos limites máximos constantes no Anexo G da ABNT NBR 10004:2004.

### **Avaliação de Risco**

- a. Trabalhadores comerciais/industriais do Porto (*on-site*):

- 
- i. No caso de trabalhadores do Porto se instalarem na área da “toca do rato” (cenário hipotético futuro), foi quantificada a existência de potencial risco carcinogênico acima do valor aceitável para as rotas contato dérmico e inalação em ambientes fechados a partir do solo, devido à presença de PCB neste compartimento ambiental.
  - ii. A substância PCB associada aos cenários de exposição definidos para este potencial receptor não apresenta valores de RfD.
  - iii. Cabe salientar que a área da “toca do rato” encontra-se, atualmente, sem a presença contínua dos potenciais receptores. Neste local encontravam-se depositados tambores contendo ascarel, os quais já foram removidos. No entanto, a edificação ainda é utilizada para depósito de diversos materiais.
- b. Trabalhadores de obras (*on-site*):
- i. No caso de eventuais obras em que trabalhadores de obras venham a ter contato com a contaminação, foi quantificada a existência de potencial risco carcinogênico acima do risco aceitável para as rotas contato dérmico, ingestão (acidental) e inalação de vapores a partir do solo, devido à presença de PCB neste compartimento, e contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea, devido à presença das substâncias Arsênio e Cromo na água subterrânea.
  - ii. No caso de eventuais obras em que trabalhadores de obras venham a ter contato com a contaminação, os índices de perigo calculados indicam que haveria potencial risco não carcinogênico a estes receptores, acima do risco aceitável, para as vias de ingresso contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea, devido à presença de Alumínio, Arsênio, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês, Tálíio e Nitrato na água subterrânea.
  - iii. No caso de trabalhadores de obras atuarem na área contaminada, as rotas de exposição à contaminação serão eliminadas se os trabalhadores utilizarem EPIs adequados, evitando assim que estas rotas se completem, principalmente em relação às vias de ingresso contato dérmico, ingestão (acidental) e inalação de vapores a partir do solo e, contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea.
- c. Trabalhadores de obras (*off-site*):

- 
- i. Para os trabalhadores de obras localizados na fronteira norte, foi quantificada a existência de potencial risco carcinogênico acima do risco aceitável para as vias contato dérmico e ingestão (acidental) de água subterrânea, devido à presença das substâncias Arsênio e Cromo neste compartimento.
  - ii. Os índices de perigo calculados indicam que haveria potencial risco não carcinogênico aos trabalhadores de obras das fronteiras norte e sul, acima do risco aceitável, para a via de ingresso ingestão (acidental) de água subterrânea.
  - iii. As SQI associadas aos cenários de exposição definidos para os trabalhadores de obras da fronteira sul não apresentam valores de fator de carcinogenicidade (SF).
  - iv. As concentrações de exposição para quantificação do risco aos potenciais receptores *off-site* foram estimadas por simulação matemática, sem considerar os mecanismos de retardo e biodegradação, a partir de concentrações medidas na água subterrânea dentro dos limites do Porto, podendo não representar a real distribuição dos contaminantes neste compartimento ambiental nos pontos de exposição *off-site*.
  - d. Não há poços de captação de água subterrânea instalados no interior da área portuária.
  - e. O abastecimento de água na área do Porto é realizado pela empresa Serrana Engenharia Ltda. e para consumo humano nos prédios administrativos faz-se uso de água mineral envasada.
  - f. Os valores da “taxa de ingestão diária de água” da CETESB (2013) considerados para os cenários de ingestão acidental de água são conservadores, potencializando eventuais situações de risco.
  - g. Em relação ao Cromo, cabe salientar que devido à ausência de dados toxicológicos para o Cromo Total nas Planilhas CETESB (2013), foram considerados, de forma conservadora, os parâmetros disponíveis para o Cromo VI, que é mais tóxico ao ser humano que o Cromo III.
  - h. Para quantificação do risco a partir da via de inalação, foi necessário estimar uma concentração de exposição no ar a partir da concentração medida em solo, considerando parâmetros do meio físico tabelados pela CETESB (cenário conservador).

- 
- i. **As substâncias químicas cujas concentrações indicaram a presença de risco são: Alumínio, Arsênio, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês, Tálío e Nitrato na água subterrânea, e PCB no solo.**

### **Recomendações**

- a. Comunicar à FATMA sobre os resultados deste estudo de passivo ambiental para a definição das ações de gerenciamento de riscos necessárias.
- b. Evitar qualquer utilização da água subterrânea do aquífero freático sem tratamento (como por exemplo: consumo humano, banho, dessedentação de animais, irrigação, etc.) nas regiões em que foram identificadas substâncias químicas de interesse em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde.
- c. De forma a evitar que as vias de exposição aos contaminantes sejam completadas, minimizando o risco a níveis aceitáveis, recomenda-se que os trabalhadores de eventuais obras sejam informados sobre os riscos e utilizem equipamentos de proteção individual adequados para evitar o contato com o solo e as águas subterrâneas contaminadas, enquanto a qualidade do solo e da água subterrânea não for restabelecida.
- d. De forma geral, nas regiões em que foram quantificados riscos potenciais à saúde acima dos valores aceitáveis, deve-se adotar ações de gerenciamento de risco a fim de evitar que as rotas de exposição aplicáveis se completem.
- e. Os resultados desta investigação detalhada e estudo de avaliação de risco deverão ser considerados na definição das próximas etapas do gerenciamento ambiental das áreas do Porto, em conformidade com a Resolução CONAMA N° 420/2009.
- f. Na área do antigo depósito de ascarel, equipamentos e peças (“toca do rato”), recomenda-se, em função do histórico de utilização do local, das concentrações de PCB obtidas para as amostras de solo coletadas na sondagem SD-32 e dos riscos potenciais à saúde e ao meio ambiente associados a esta substância, as seguintes ações de intervenção:
- i. Investigação Complementar para Fins de Remediação do Solo;
  - ii. Concepção do Sistema de Remediação/Elaboração do Projeto de Remediação, o qual deverá ser encaminhado ao órgão ambiental para aprovação;

- 
- iii. Execução da Remediação; e
  - iv. Monitoramento.

**A remediação do solo contaminado com PCB constitui medida emergencial a ser implementada, visando à segurança da população e demais bens a proteger, evitando a contaminação de novas áreas.**

- g. Realizar uma investigação ambiental complementar do solo e da água subterrânea visando identificar e remediar as fontes de contaminação que deram origem as plumas de contaminação.
- h. Realizar a destinação final adequada do antigo transformador elétrico encontrado depositado diretamente sobre o solo, próximo ao poço de monitoramento PM-17, de acordo com a legislação nacional vigente. Este equipamento deve ser considerado como resíduo perigoso.
- i. Estabelecer um **novo plano de monitoramento para a área do Porto de Imbituba, a ser aprovado pelo órgão ambiental**, no qual deverão ser definidos os poços e parâmetros a serem monitorados, bem como a frequência de monitoramento necessária, para avaliação da evolução das concentrações das SQT e avaliação da necessidade de medidas de controle complementares.
- j. No caso das próximas campanhas de monitoramento apontarem um aumento na concentração dos contaminantes em água subterrânea, deverá ser avaliada a necessidade de implantação de outras medidas de intervenção preconizadas pela Resolução CONAMA Nº 420/2009.
- k. Incluir as águas oceânicas da Praia do Porto e do Canto da Praia da Vila no plano de monitoramento da área do Porto de Imbituba, em função dos resultados analíticos obtidos para as águas subterrâneas e das direções preferenciais de fluxo subterrâneo. Recomenda-se que seja incluído, além dos parâmetros já contemplados no “Plano de Controle Ambiental da Qualidade das Águas Oceânicas”, a análise química das substâncias cujas concentrações ultrapassaram os valores de investigação neste estudo de passivo ambiental.

A critério do Órgão Ambiental, as ações recomendadas poderão ser complementadas e/ou alteradas.

---

# Referências Bibliográficas

ACQUAPLAN. **Estudo de Conformidade Ambiental – ECA Dragagem de Manutenção do Porto de Imbituba**. Setembro de 2014.

ACQUAPLAN. **Cadeia de Custódia Amostras Ambientais e Laudos Analíticos - NSF Bioensaios (BQ-135215/15 a BQ-135218/15)**. Porto de Imbituba – Água Subterrânea. 2015.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Toxicological profile for boron. November, 2010. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp26.pdf>>. Acesso em: agosto de 2016.

ALVES OLIVEIRA, D.; SCHMIDT, G.; MACEDO DE FREITAS, D. Avaliação do teor de ferro em águas subterrâneas de alguns poços tubulares, no Plano Diretor de Palmas – TO. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 29, San Juan, 22-27 Ago. 2004. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/gilda.pdf>>. Acesso em: agosto de 2016.

Agência Nacional das Águas. **Banco de dados das estações pluviométricas**. Disponível em <<http://www.hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: agosto de 2016.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. **NBR 10004** – Resíduos sólidos – Classificação. 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. **NBR 10005** – Procedimento para obtenção de extrato de lixiviado de resíduos sólidos. 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. **NBR 10006** – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. **NBR 10007** – Amostragem de resíduos sólidos. 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005. **NBR ISO/IEC 17025** – Versão Corrigida 2: 2006 – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005. **NBR 8371** – Ascarel para transformadores e capacitores – Características e riscos. 2005. 14p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007. **NBR 15492** – Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento. 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15495-1** – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 1: Projeto e Construção. 2007 (rev. 2009).

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15495-2** – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares Parte 2: Desenvolvimento. 2008.

---

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15847** – Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento — Métodos de purga, (*Ground water sampling in monitoring wells – Purging methods*). 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011. **NBR 15515-1** – Passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 1: Avaliação preliminar. Versão Corrigida: 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011. **NBR 15515-2** – Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 2 – Investigação confirmatória. 2011. 19p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013. **NBR 15515-3** – Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 3 – Investigação detalhada. 2013. 18p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16209** – Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas, 2013. 40p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16210** – Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas – Procedimento, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16435** – Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas – Procedimento, 2015.

BASEI, M. A. S. **O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina**. São Paulo, 1985, 190 p. (Tese de Doutorado, IG/USP).

BRASIL. Decreto Federal de 17 de janeiro de 2007. **Dispõe sobre a definição da área do Porto Organizado de Imbituba, no Estado de Santa Catarina**. Publicado no Diário Oficial da União em 18 de janeiro de 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Portaria n. 2914, de 12 de dezembro de 2011.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)**. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. São Paulo, SP: Ed. CETESB, 2ª ed. 2001. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/manual-de-gerenciamento-de-ACs/7-manual>>.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria nº 010/2006/C, de 26 de janeiro de 2006**. Dispõe sobre os novos Procedimentos para o Licenciamento de Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis e dá outras providências. São Paulo, 2006.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria nº 103/2007/C/E, de 11 de junho de 2007**. Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas. São Paulo, 2007.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Áreas Contaminadas. Documentação. Planilhas para Avaliação. **Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação (atualização de maio de 2013)**. 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/planilhas-para-avalia%EA%E3o-de-risco/8-planilhas>>. Acesso em: agosto de 2016.

---

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria n° 045/2014/E/C/I, de 20 de fevereiro de 2014.** Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2014, em substituição aos Valores Orientadores de 2005 e dá outras providências.

SÃO PAULO, Companhia Ambiental do Estado de. Serviços. Informações Toxicológicas. **Ficha de Informação Toxicológica – FIT.** Disponível em: <<http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/servicos/informacoes-toxicologicas/>>. Acesso em: agosto de 2016.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Resolução CONAMA N.º 307 de 5 de julho de 2002.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Altera a Resolução CONAMA N.º 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos (altera o inciso IV do art. 3º).** Resolução N.º 348 de 17 de agosto de 2004.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.** Resolução N.º 396, de 03 de abril de 2008.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. **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.** Resolução N.º 420, de 28 de dezembro de 2009.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Altera o art. 3º da Resolução N.º 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso.** Resolução N.º 431 de 24 de maio de 2011.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução N.º 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.** Resolução N.º 448, de 18 de janeiro de 2012.

Conselho de Autoridade Portuária do Porto De Imbituba. Deliberação N° 002/2006, de 27 de abril de 2006. **Aprova a Alteração do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto Organizado de Imbituba - PDZ.** Imbituba, SC. Disponível em <[www.cdiport.com.br/cappi/pdz.htm](http://www.cdiport.com.br/cappi/pdz.htm)>. Acesso em: agosto de 2015.

EARTH, Google. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/index.html>>. Acesso em: 04 de agosto de 2015.

EPA, US Environmental Protection Agency. Disponível em: <<http://www.epa.gov/IRIS/>> Acesso em: 25 ago. 2016.

Facebook. Comunidade Memórias de Imbituba. **Foto Aérea do Porto de Imbituba** (Data provável: década de 50 ou 60). Memórias de Imbituba. Disponível em <[br.facebook.com/MemoriasDelimituba](http://br.facebook.com/MemoriasDelimituba)>. Acesso em: agosto de 2015.

FALQUETO, M. A. **Avaliação do Índice de qualidade da água (IQA) e dos elementos químicos nas águas e nos sedimentos do rio Corumbataí-SP.** 2008. 117 f.

---

Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina. Estudo para Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea no Porto Organizado de Imbituba. **Relatório Técnico da Avaliação Preliminar**, Revisão 1. Setembro de 2015.

Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina. Estudo para Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea no Porto Organizado de Imbituba. **Relatório Técnico da Investigação Confirmatória**, Revisão 0. Abril de 2016.

Fundação do Meio Ambiente. Coordenadoria de Desenvolvimento – CODAM Tubarão. **Ofício N° 0901/2014 – REF. PROC. DIV/00017/CTB**. Tubarão, 04 de junho de 2014.

IMBITUBA. Lei Complementar n° 2.623, de 19 de março de 2005. **Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Imbituba**. Disponível em: <<http://www.legislador.com.br/LegislatorWEB.ASP?WCI=LeiConsulta&ID=316&nrLeiDE=2623&>>. Acesso em: agosto de 2015.

IMBITUBA. Lei Complementar n° 4.478, de 13 de novembro de 2014. **Altera o Plano Regulador e do Uso do Solo configurado no Mapa 11 da Lei Complementar n° 2.623, de 19 de março de 2005, que instituiu o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Imbituba – PDDSI, e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.legislador.com.br/LegislatorWEB.ASP?WCI=LeiTexto&ID=316&inEspecieLei=2&nrLei=4478&aaLei=2014&dsVerbete=>>>. Acesso em: agosto de 2015.

LAGE, I.C. **Avaliação de Metodologias para Determinação da Permeabilidade em Meios Porosos: Área Experimental Da Fazenda Ressacada, SC**. 2005. 119f. Dissertação – Mestre em Ciências (Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MINISTRY OF VROM, 2009. Dutch Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment. **Soil Remediation Circular 2009**. “Lista Holandesa”.

MPB SANEAMENTO, 2006. **Plano De Controle Ambiental – PCA. PR-3005-400-931-MPB-003**. Setembro de 2006.

MPB SANEAMENTO, 2010. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-001**. Janeiro de 2010.

MPB SANEAMENTO, 2010a. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-003**. Dezembro de 2010.

MPB SANEAMENTO, 2011. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-004**. Março de 2011.

MPB SANEAMENTO, 2011a. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-005**. Junho de 2011.

MPB SANEAMENTO, 2011b. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-006**. Setembro de 2011.

---

MPB SANEAMENTO, 2012. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-007.** Janeiro de 2012.

MPB SANEAMENTO, 2012a. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-008.** Abril de 2012.

MPB SANEAMENTO, 2012b. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-009.** Agosto de 2012.

MPB SANEAMENTO, 2012c. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-010.** Novembro de 2012.

MPB SANEAMENTO, 2013. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-011.** Janeiro de 2013.

MPB SANEAMENTO, 2013a. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-012.** Junho de 2013.

MPB SANEAMENTO, 2013b. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-013.** Agosto de 2013.

MPB SANEAMENTO, 2014. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-014.** Fevereiro de 2014.

MPB SANEAMENTO, 2014a. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-015.** Abril de 2014.

MPB SANEAMENTO, 2014b. **Plano De Controle Ambiental – PCA. RL-0809-400-430-MPB-016.** Agosto de 2014.

NOGUEIRA, Marcos. **Os elementos da morte:** Os venenos não são exclusividade das cobras nem dos homicidas. Eles estão em todo canto: se ocultam nos brinquedos, nos objetos da casa e nos remédios. Revista Superinteressante, Edição 218, Outubro de 2005. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/ciencia/os-elementos-da-morte>> Acesso em: agosto de 2016.

Sistema de informações de Águas Subterrâneas. **Sistema de informações de águas subterrâneas desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que é composto por uma base de dados, de poços, permanentemente atualizada, e de módulos capazes de realizar consulta, pesquisa, extração e geração de relatórios.** Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: agosto de 2015.

SCPAR PORTO DE IMBITUBA, 2013. **Cadastro das Instalações Portuárias.** Capítulo 2 – Terrenos, Instalações e Áreas Legais da Delegação do Porto de Imbituba. 2013

SILVA, L. C. da; BORTOLUZZI, C. A. 1987. (Eds.) **Textos básicos de geologia e recursos minerais de Santa Catarina. Mapa geológico do Estado de Santa Catarina, escala 1:500.000: texto explicativo e mapa.** Florianópolis: DNPM; CPRM. 216p. (Série: Mapas e Cartas de Síntese, n.3. Seção Geologia, n. 3) p.11-90.

United States Environmental Protection Agency. **Water Quality Standards Handbook - Chapter 3: Water Quality Criteria (40 CFR 131.11).** EPA 823-B-94-005a, Office of Water, 1994. Disponível em: <<http://www.epa.gov/wqs-tech/water-qualitystandards>>

---

handbook-cha  
pters>. Acesso em: dezembro de 2015.

United States Environmental Protection Agency. Office of Emergency and Remedial Response. **Risk Assessment Guidance for Superfund – Volume I – Human Health Evaluation Manual – Part A**. Document Number: EPA/540/1-89/002, 1989.

United States Environmental Protection Agency. United States Environmental Protection Agency. Ground Water Issue: Light Nonaqueous Phase Liquids. EPA/540/S-95/500. USA, 1995.

United States Environmental Protection Agency. **Regional Screening Levels (RSL) for Chemical Contaminants at Superfund Sites**. Regional Screening Level (RSL) Summary Table (TR=1E-6, HQ=1) May 2016. Disponível em: <<http://www.epa.gov/region9/superfund/prg/>>. Acesso em: julho de 2016.

United States Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System (IRIS). **IRIS Assessments**. Disponível em: <<https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/atoz.cfm>>. Acesso em: agosto de 2016.

VALE, B.; HAIE, N. (2006). **Efeitos prejudiciais na saúde Humana derivados por ingestão de Nitratos na zona Vulnerável N° 1 (Freguesias; Apúlia, Fão) e na Zona não vulnerável (Freguesias: Fonte Boa, Gandra, Gemeses, Rio Tinto)**. 8º Congresso da Água. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Figueira da Foz. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7254/1/F21-EFEITOS%20PREJUDICIAIS%20NA%20SAÚDE%20HUMANA.pdf>>. Acesso em: agosto de 2016.

ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e aplicações**. São Carlos: RIMA, 2006. 478p.

---

# Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGIL	Armazéns Gerais Imbituba Ltda.
ANA	Agência Nacional das Águas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APA	Área de Proteção Ambiental
C	Carcinogênico
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CMA	Concentrações máximas aceitáveis
COC	Cadeias de Custódia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
D.I.	Dado Inexistente
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FATMA	Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina
FEESC	Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina
Fertisanta	Fertilizantes Santa Catarina Ltda.
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
HI	Índice de perigo
HidroWeb	Portal do Sistema de Informações Hidrológicas
IC	Investigação Confirmatória
ICC	Indústria Carboquímica Catarinense S/A
ID	Investigação Detalhada
ILP	Imbituba Logística Portuária Ltda.

---

IRIS/EPA	Integrated Risk Information System
LD	Limite de Detecção
LQ	Limite de Quantificação
MCE	Modelo Conceitual de Exposição
MTE	Ministério de Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira
NC	Não carcinogênico
NI	Poço de monitoramento não instalado
NM	Parâmetro não monitorado
N-S	Norte-sul
NW-SE	Noroeste para sudeste
PCA	Plano de Controle Ambiental
PCB	Bifenilas Policloradas
PDDSI	Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Imbituba
PDZ	Plano de Desenvolvimento e Zoneamento
PM	Poço de Monitoramento
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RAGS	Risk Assessment Guidance for Superfund
RC	Risco carcinogênico
RfD	Nível de exposição
RNC	Risco não carcinogênico
RSL	Reginal Screening Levels
SCPar	SC Participações e Parcerias S/A
SD	Sondagem
SE	Subestação
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

---

SMS	Segurança, Meio Ambiente e Saúde
SP	São Paulo
SQI	Substâncias Químicas de Interesse
SW-NE	Sudoeste-nordeste
TECON	Terminal de Containers
TESC	Terminal de Soca Cáustica
USEPA	United States Environmental Protection Agency
VI	Valor de Investigação
ZC-1	Zona Centro
ZP-1	Zona de Porto Industrial Comercial
ZP-1	Zona de Porto Industrial Comercial
ZPA-1	Zona de Proteção Ambiental de Morros
ZPU-2	Zona de Parque Urbano
ZPU-4	Zona de Parque Urbano – Parque Trilha do Farol
ZPU-5	Parque Urbano Lagoa do Cantagalo
ZRUP-2	Zona Residencial Uni Familiar
ZRUP2a	Zona Residencial Pluri Familiar
ZSP	Zona de Serviços Portuários



---

# Lista de tabelas

Tabela 1: Volume de ascarel que estava presente nos antigos transformadores da área do Porto de Imbituba.....	26
Tabela 2: Resumo dos resultados dos monitoramentos da água subterrânea obtidos no PCA.....	30
Tabela 3: Descrição das sondagens de reconhecimento .....	51
Tabela 4: Características construtivas dos poços de monitoramento .....	53
Tabela 5: Identificação das amostras de solo coletadas.....	56
Tabela 6: Identificação das amostras de solo com indícios da presença resíduos coletadas.....	59
Tabela 7: Identificação das amostras de água subterrânea coletadas .....	63
Tabela 8: Resultados dos ensaios de condutividade hidráulica (K) <i>in-situ</i> .....	68
Tabela 9: Resultados do monitoramento físico dos poços de monitoramento .....	70
Tabela 10: Coordenadas e cotas topográficas das sondagens e dos poços de monitoramento (Datum WGS 1984 – Zona 22S).....	72
Tabela 11: Dados de nível d'água e carga hidráulica - 02/06/2016 .....	76
Tabela 12: Operadores portuários do Porto Organizado de Imbituba e suas áreas de concessão .....	84
Tabela 13: Quantidade mensal de resíduos gerada no Porto de Imbituba em 2013 ....	94
Tabela 14: Resultados analíticos das amostras de solo .....	109
Tabela 15: Resultados dos parâmetros físicos das amostras de solo .....	133
Tabela 16: Resultados analíticos das amostras de água subterrânea .....	139
Tabela 17: Resultados do monitoramento <i>in-situ</i> dos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas.....	167
Tabela 18: Resultados da caracterização das amostras de solo com indícios da presença de resíduos.....	205
Tabela 19: Modelo conceitual atualizado (etapa de Investigação Detalhada) .....	213
Tabela 20: Concentrações das SQI selecionadas para avaliação de risco nas águas subterrâneas.....	219
Tabela 21: Concentrações de exposição definidas para os receptores <i>on-site</i> a partir dos dados de monitoramento.....	230
Tabela 22: Concentrações de exposição definidas para os receptores <i>off-site</i> a partir de simulação matemática com o modelo de Domenico .....	233

---

Tabela 23: Parâmetros de exposição definidos para os potenciais receptores <i>on-site</i> e <i>off-site</i> .....	237
Tabela 24: Propriedades físicas do meio local (área do Porto de Imbituba) .....	239
Tabela 25: Propriedades físico-químicas das substâncias químicas alvos da avaliação de risco .....	241
Tabela 26: Valores de SF e RfD adotados para as substâncias químicas alvos da avaliação de risco.....	249
Tabela 27: Resultados da simulação do risco carcinogênico para trabalhadores comerciais/industriais do Porto ( <i>on-site</i> ).....	254
Tabela 28: Resultados da simulação do risco carcinogênico para trabalhadores de obras localizados dentro dos limites do Porto ( <i>on-site</i> ) .....	256
Tabela 29: Resultados da simulação do risco não carcinogênico para trabalhadores de obras localizados dentro dos limites do Porto ( <i>on-site</i> ) .....	257
Tabela 30: Resultados da simulação do risco carcinogênico para trabalhadores de obras localizados no entorno do Porto ( <i>off-site</i> ).....	266
Tabela 31: Resultados da simulação do risco não carcinogênico para trabalhadores de obras localizados no entorno do Porto ( <i>off-site</i> ) .....	267
Tabela 32: Resumo dos resultados das simulações de risco .....	268
Tabela 33: CMA para a área de estudo assumindo que todas as rotas de exposição consideradas se completem e comparação com os valores de referência.....	281
Tabela 34: Estimativa do volume e da massa de solo contaminado a ser remediado na área da “toca do rato” .....	293

---

# Lista de figuras

Figura 1: Localização do Porto Organizado de Imbituba e principais vias de acesso....	21
Figura 2: Layout das instalações do Porto Organizado de Imbituba.....	23
Figura 3: Localização do antigo depósito de ascarel, transformadores e peças inutilizadas.....	27
Figura 4: Etapas do Gerenciamento Ambiental de Áreas Contaminadas em conformidade com a Resolução CONAMA N° 420/2009.....	36
Figura 5: Fluxograma de tomada de decisão na avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea.....	37
Figura 6: Processo de avaliação de risco.....	40
Figura 7: Localização das sondagens executadas e poços de monitoramento instalados.....	49
Figura 8: Foto da área do Porto de Imbituba ilustrando, ao fundo, uma elevação constituída de granitos.....	74
Figura 9: Mapa potenciométrico local e direções preferenciais do fluxo subterrâneo – 02/06/2016.....	77
Figura 10: Mapa de distribuição da condutividade hidráulica.....	79
Figura 11: Dados de precipitação mensal da Estação Imbituba/EPAGRI, Imbituba (SC).....	83
Figura 12: Identificação do zoneamento da área de estudo conforme Mapa do Plano Regulador e de Uso do Solo do PDDSI.....	87
Figura 13: Área das instalações do Porto Organizado de Imbituba conforme mapa do PDZ (Deliberação N° 002/2006).....	89
Figura 14: Mapa de uso e ocupação do solo e de localização dos principais bens a proteger.....	97
Figura 15: Foto aérea do Porto de Imbituba (Data provável: década de 50 ou 60)..	100
Figura 16: Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 16/09/2003).....	101
Figura 17: Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 13/05/2006).....	102
Figura 18: Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 13/08/2009).....	103
Figura 19: Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 19/01/2012).....	104
Figura 20. Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 28/07/2013).....	105
Figura 21. Imagem aérea do Porto de Imbituba (Data: 09/06/2016).....	106
Figura 22: Distribuição das ocorrências de contaminação em água subterrânea acima dos valores de referência.....	169

---

Figura 23: Pluma de Alumínio Total na água subterrânea .....	171
Figura 24: Pluma de Arsênio Total na água subterrânea .....	173
Figura 25: Pluma de Boro Total na água subterrânea .....	175
Figura 26: Pluma de Cádmio Total na água subterrânea .....	177
Figura 27: Pluma de Chumbo Total na água subterrânea.....	179
Figura 28: Pluma de Cobalto Total na água subterrânea.....	181
Figura 29: Pluma de Cromo Total na água subterrânea.....	183
Figura 30: Pluma de Ferro Total na água subterrânea.....	185
Figura 31: Pluma de Manganês Total na água subterrânea .....	187
Figura 32: Pluma de Níquel Total na água subterrânea.....	189
Figura 33: Pluma de Tálcio na água subterrânea.....	191
Figura 34: Pluma de Zinco Total na água subterrânea .....	193
Figura 35: Pluma de Nitrato na água subterrânea.....	195
Figura 36: Pluma de Coliformes Termotolerantes na água subterrânea .....	197
Figura 37: Pluma de Sódio na água subterrânea .....	199
Figura 38: Pluma de TPH Total na água subterrânea .....	201
Figura 39: Localização dos pontos de amostragem e indicação dos resultados acima dos limites de referência no extrato solubilizado .....	209
Figura 40: Modelo conceitual de exposição para o cenário de contaminação identificado na área de estudo.....	245
Figura 41: Mapa de risco carcinogênico total (potencial) para receptores trabalhadores do Porto ( <i>on-site</i> ) .....	271
Figura 42: Mapa de risco carcinogênico total (potencial) para receptores trabalhadores de obras ( <i>on-site</i> ).....	273
Figura 43: Mapa de risco não carcinogênico total (potencial) para receptores trabalhadores de obras ( <i>on-site</i> ).....	275
Figura 44: Mapa de risco carcinogênico total (potencial) para receptores trabalhadores de obras ( <i>off-site</i> ).....	277
Figura 45: Mapa de risco não carcinogênico total (potencial) para receptores trabalhadores de obras ( <i>off-site</i> ).....	279
Figura 46: Pontos de amostragem de solo com concentrações acima das CMA definidas para a área de estudo .....	283
Figura 47: Pontos de amostragem de água subterrânea (maio-junho/2016) com concentrações acima das CMA definidas para a área de estudo.....	285
Figura 48: Localização em planta das sondagens executadas e poço de monitoramento instalado na área da “toca do rato” .....	303

---

Figura 49: Delimitação da área estimada de escavação para remoção do solo contaminado na área da “toca do rato” .....	305
Figura 50: Localização das sondagens propostas para investigação complementar na área da “toca do rato” .....	307
Figura 51: Esquema de amostragem das cavas .....	309





