

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**DETALHAMENTO, ANÁLISE DE RISCO E PROPOSTA DE  
REMEDIÇÃO PARA UMA CONTAMINAÇÃO POR METAIS  
PESADOS NA REGIÃO DE CAMPINAS-SP**

**Fábio de Assis Mattos**

**Orientador: Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo**

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF/08/19)**

**SÃO PAULO  
2008**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



**DETALHAMENTO, ANÁLISE DE RISCO E PROPOSTA DE  
REMEDIAÇÃO PARA UMA CONTAMINAÇÃO POR METAIS  
PESADOS NA REGIÃO DE CAMPINAS-SP**

**Fábio de Assis Mattos**

**Orientador: Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo**

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF/08/19)**

**DEDALUS - Acervo - IGC**



30900025618

**SÃO PAULO  
2008**



Tf  
M444  
FA.d



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DETALHAMENTO, ANÁLISE DE RISCO E PROPOSTA DE  
REMEDIÇÃO PARA UMA CONTAMINAÇÃO POR METAIS  
PESADOS NA REGIÃO DE CAMPINAS-SP

Fólio de Análise

Orientador: Prof. Dr. José Roberto de Aguiar

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

(TEC019)

SÃO PAULO

2008

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a meus pais que tanto amo, Luis Antônio e Rosângela, pelo amor, carinho, tempo e esforços despendidos na minha formação como ser humano. Sem vocês nada disso seria possível. Muito obrigado.

À BTX Geologia e Meio Ambiente e à indústria alvo do estudo por ceder gentilmente os dados para a realização deste trabalho.

A todos que trabalharam direta ou indiretamente neste projeto, em especial à Lilian e Amanda pelo tempo gasto nas pesquisas, discussões e interpretações, ao Alexandre Chiarini pelo suporte técnico e ao Marcelo Altafini pelo apoio à execução deste TF desde o início.

Ao meu orientador Joel Barbujani Sígolo por mostrar os caminhos para o sucesso da minha monografia.

Aos colegas da faculdade pelo aprendizado na convivência com cada um.

À Carolina "Hurtiga" Hegedus pela ajuda no Abstract, nas simulações de análise de risco e principalmente pela amizade.

Àqueles que durante esses seis anos, mesmo com momentos de afastamento, sempre compartilharam as alegrias, as tristezas, as discussões, as trapalhadas e as conquistas: Rodrigo "Mixaria" Gallo e Vivian "Frentista" Canelo, Paulo "Buxo" Affonso, Igor "CP" Simões, André "Kodorna" Marconato, Rafael "Pokemongo" Kanke e Cyntia "Fun" Simon, Ralph "Tanga" Nicoliche, Maíra "Cika" Sugawara, Talita "Xoca" Ferreira e Bruno "Rapunzel" Salmoni. Sem esquecer é claro do saudoso "Símios".

Aos amigos de Amparo pelos inesquecíveis momentos de descontração e diversão tão importantes durante esses anos.

À toda minha família pelo apoio e em especial ao meu tio Guilherme e meu primo Tiago pelo companheirismo durante todos esse anos.

E finalmente a Deus, pelo dom da vida, por ter colocado pessoas tão especiais no meu caminho e pela luz e força nos momentos de dificuldade.



## ÍNDICE

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| RESUMO                                                         | i  |
| ABSTRACT                                                       | ii |
| 1. INTRODUÇÃO                                                  | 1  |
| 2. METAS E OBJETIVOS                                           | 1  |
| 3. LOCALIZAÇÃO                                                 | 1  |
| 4. TRABALHOS PRÉVIOS (LEVANTAMENTO BILIOGRÁFICO)               | 2  |
| 4.1. Geologia Regional                                         | 2  |
| 4.2. Análise de Risco                                          | 3  |
| 4.3. Remediação por Eletrocinese                               | 5  |
| 4.4. Atividades Industriais Realizadas na Área                 | 7  |
| 5. MATERIAIS E MÉTODOS                                         | 9  |
| 5.1. Detalhamento da Contaminação                              | 9  |
| 5.1.1. Observações <i>In Loco</i>                              | 9  |
| 5.1.2. Levantamento de Dados Públicos                          | 9  |
| 5.1.3. Caracterização do Uso e Ocupação do Solo                | 9  |
| 5.1.4. Caracterização do Meio e das Fontes de Contaminação     | 9  |
| 5.1.5. Amostragem de Solo                                      | 11 |
| 5.1.5.1. Amostra Indeformada e Deformada de Solo               | 11 |
| 5.1.6. Amostragem de Águas Subterrâneas                        | 11 |
| 5.1.6.1. Amostragem pelo Método de Micro-Purga                 | 11 |
| 5.1.6.2. Amostragem com Amostrador Descartável - <i>Bailer</i> | 12 |
| 5.1.6.3. Acondicionamento das Amostras                         | 12 |
| 5.1.6.4. Identificação das Amostras                            | 13 |
| 5.1.7. Análises Químicas                                       | 13 |
| 5.1.8. Regulamentação e Padrões Aplicáveis                     | 14 |
| 5.1.9. Topografia e Potenciometria                             | 14 |
| 5.1.10. Determinação da Condutividade Hidráulica (K)           | 15 |
| 5.1.11. Determinação da Velocidade de Fluxo                    | 15 |
| 5.1.12. Distribuição da Contaminação                           | 15 |
| 5.2. Análise de Risco à Saúde Humana                           | 15 |
| 5.2.1. Compostos Químicos de Interesse                         | 16 |
| 5.2.2. Meio Contaminado                                        | 16 |
| 5.2.3. Receptores                                              | 16 |
| 5.2.4. Vias de Exposição                                       | 17 |
| 5.2.5. Parâmetros de Exposição                                 | 19 |
| 5.2.6. Cenários de Exposição Adotados                          | 19 |



|          |                                                                       |    |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2.6.1. | Cenário 1                                                             | 19 |
| 5.2.6.2. | Cenário 2                                                             | 19 |
| 5.2.6.3. | Cenário 3                                                             | 20 |
| 5.2.6.4. | Cenário 4                                                             | 20 |
| 5.2.6.5. | Cenário 5                                                             | 21 |
| 5.3.     | Ensaio Piloto de Remediação                                           | 22 |
| 5.3.1.   | Realização de Ensaio Iniciais                                         | 22 |
| 5.3.2.   | Realização do Ensaio Bombeamento Simples                              | 22 |
| 5.3.3.   | Realização do Ensaio de Eletrocinese com Bombeamento                  | 23 |
| 6.       | RESULTADOS OBTIDOS                                                    | 24 |
| 6.1.     | Uso e Ocupação do Solo                                                | 24 |
| 6.2.     | Descrição dos Materiais Observados no Local                           | 24 |
| 6.3.     | Mapa Potenciométrico                                                  | 26 |
| 6.4.     | Amostra de Solo Deformada e Indeformada                               | 29 |
| 6.5.     | Ensaio de Permeabilidade e Ensaio de Vazão                            | 29 |
| 6.6.     | Resultados Analíticos                                                 | 30 |
| 6.6.1.   | Solo                                                                  | 30 |
| 6.6.2.   | Águas Subterrâneas                                                    | 32 |
| 6.7.     | Delimitação das Plumas de Contaminação                                | 36 |
| 6.7.1.   | Solos                                                                 | 36 |
| 6.7.2.   | Águas Subterrâneas                                                    | 38 |
| 6.8.     | Resultados da Análise de Risco                                        | 41 |
| 6.8.1.   | CENÁRIO 2 - ÁREA COMERCIAL - AMBIENTE ABERTO                          | 41 |
| 6.8.2.   | CENÁRIO 3 - ÁREA COMERCIAL - AMBIENTE ABERTO                          | 41 |
| 6.8.3.   | CENÁRIO 4 - ÁREA COMERCIAL - AMBIENTE FECHADO                         | 41 |
| 6.8.4.   | CENÁRIO 5 - ÁREA RESIDENCIAL - AMBIENTE FECHADO                       | 41 |
| 6.9.     | Concentrações Meta Específicas da Área (CMEA)                         | 42 |
| 6.10.    | Resultados Analíticos do Ensaio de Bombeamento Simples                | 47 |
| 6.11.    | Resultados Analíticos do Ensaio de Bombeamento com Eletrocinese       | 48 |
| 6.12.    | Resultados Analíticos do Resíduo Sólido Retirado do Eletrodo Negativo | 50 |
| 7.       | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS                                              | 51 |
| 8.       | CONCLUSÕES                                                            | 53 |
| 9.       | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS                                            | 54 |



## ANEXOS

**ANEXO I – PERFIS DESCRITIVOS DE SONDAGEM E INSTALAÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO**

**ANEXO II – PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS ANTERIORMENTE**

**ANEXO III – ENSAIOS DE RECUPERAÇÃO E ENSAIO DE VAZÃO**

**ANEXO IV – DISTRIBUIÇÃO DOS CONTAMINANTES NO SOLO E PLUMAS DE ISOCONCENTRAÇÃO DE CONTAMINANTES NA ÁGUA.**

**ANEXO V – TABELA DE RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE RISCO**

## RESUMO

O projeto em questão visou à investigação ambiental inerente à existência de metais pesados no subsolo provindos da atividade industrial, assim como apresentar a análise de risco para a área e a avaliação de alternativas de remediação, por meio da realização de dois ensaios pilotos de remediação. Um desses métodos é definido como método de Bombeamento Simples e o outro Bombeamento associado à Eletrocinese.

A área em estudo localiza-se na região de Campinas, interior do estado de São Paulo.

O trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira tem como objetivo o detalhamento da contaminação já identificada, bem como a realização da Análise de Risco Toxicológica para avaliar os impactos que essa contaminação oferece ao empreendimento e a comunidade vizinha.

A segunda contemplou a realização dos dois ensaios de remoção dos contaminantes da água subterrânea. O tratamento e comparação dos dados obtidos nos ensaios definiram o método mais apropriado para a remediação da área em questão e representou o principal objetivo desse Trabalho de Formatura.



## ABSTRACT

The present project aims the environmental investigation of the existence of underground heavy metals derivate from industrial activities, as well as present the risk analyze of the area and the evaluation of remediation alternatives, through the execution of two preliminary tests. One of these test's methods is defined as a simple pumping method and the second one is an electrokinesis associated pumping method.

The target area is regionally located within Campinas' surroundings, in São Paulo State countryside.

The development of this project was divided in two phases. The first one has the purpose of detailing the identified contamination, as well as the accomplishment of a toxicological risk evaluation in order to evaluate the impacts of the contamination in the area and the surrounding neighborhood.

During the second phase two groundwater contaminants removal tests were done. The data treatment and comparison defined the most appropriated remediation method. It also represented the main goal of this graduation project.

## 2. LOCALIZAÇÃO

A área em estudo encontra-se na região de Campinas, interior do estado de São Paulo (Figura 1), situada cerca de 100 km da cidade de São Paulo.

Devido ao grande número de indústrias, a contaminação dos aquíferos não está ignorada.



## 1. INTRODUÇÃO

O grande desenvolvimento industrial nos centros urbanos e ao redor dos mesmos tem contribuído diretamente para a degradação do meio ambiente, contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas. Com base nos dados da Relação de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo descritos pela CETESB (2007), as atividades industriais são o segundo maior agente de degradação dos solos e águas subterrâneas, abrangendo 14% das ocorrências. Além disso, dentre os grupos de contaminantes, os metais ocupam a quarta posição em números de ocorrências.

Um método de remediação pouco difundido no Brasil é o uso da Eletrocinese, representando um conceito de remediação *in-situ* através da aplicação de uma corrente elétrica ou de um potencial entre eletrodos inseridos em um meio contaminado, o qual pode ser o solo tanto na zona saturada quanto não saturada.

## 2. METAS E OBJETIVOS

O presente trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira teve como objetivo o detalhamento da contaminação já identificada, bem como a realização da Análise de Risco Toxicológica para avaliação dos impactos que essa contaminação oferece ao empreendimento e a comunidade vizinha.

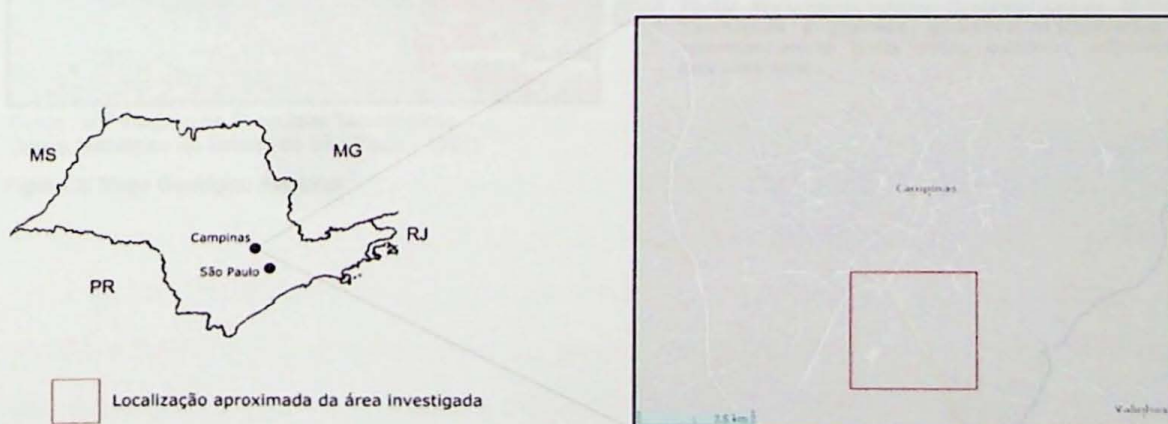
A segunda contemplou realização de dois ensaios de remoção dos contaminantes da água subterrânea. Um dos ensaios consistiu em um bombeamento simples, e o segundo em um bombeamento associado à eletrocinese.

O tratamento e comparação dos dados obtidos permitiram sugerir o método mais apropriado para a remediação da área e representou o principal objetivo desse TF.

## 3. LOCALIZAÇÃO

A área em estudo localiza-se na região de Campinas, interior do estado de São Paulo (**Figura 1**), distando cerca de 100 km da capital São Paulo.

Devido ao já citado acordo de confidencialidade, a localização precisa da área não será apresentada.



**Figura 1:** Localização aproximada da área investigada



## 4. TRABALHOS PRÉVIOS (LEVANTAMENTO BILIOGRÁFICO)

### 4.1. Geologia Regional

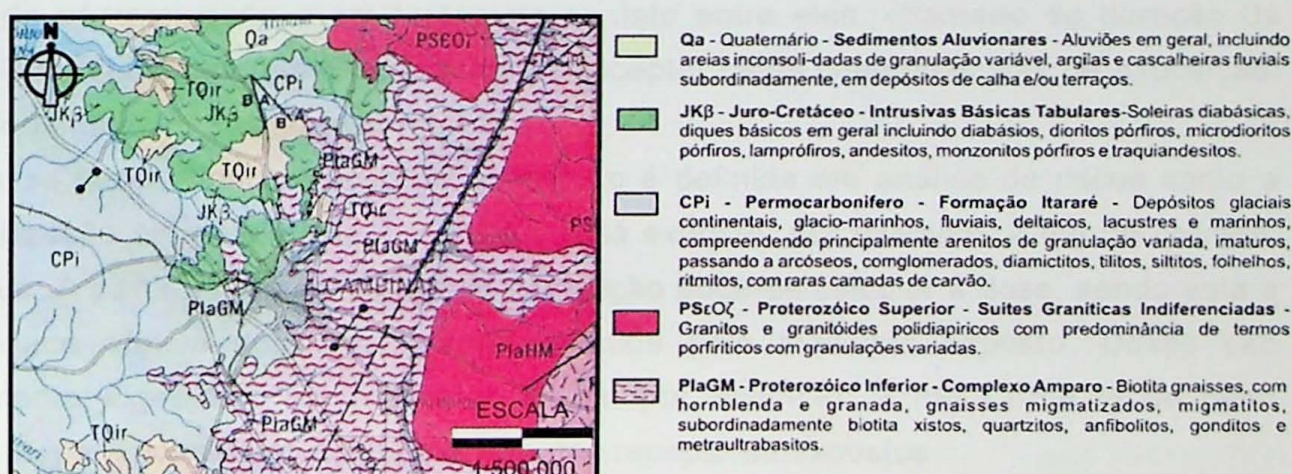
A região de Campinas compreende a folha designada pela sigla SF-23-Y-A-V (1:100000), situada na Depressão Periférica Paulista, na zona do médio Tietê. A rede de drenagem principal é composta pelo Rio Piracicaba na porção central, pelo Rio Capivari a sul e pelo Rio Atibaia à norte.

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT 1981), na porção oriental e a sudeste da cidade de Campinas, e conseqüentemente a área estudada, predominam as rochas do embasamento cristalino pré-cambriano constituído por biotita gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses, granada-biotita gnaisses, gnaisses migmatizados, migmatitos de estruturas diversas e, subordinadamente, biotita xistos, quartzitos, anfibolitos, gonditos e metaultrabasitas. Tais rochas são pertencentes ao Complexo Amparo.

Na cidade de Campinas e para oeste, as porções das colinas mais baixas abrigam rochas sedimentares da Formação Itararé do Grupo Tubarão – Bacia do Paraná, além de rochas da unidade das Intrusivas Básicas Tabulares.

A Formação Itararé é constituída por depósitos glaciais continentais, glácio-marinhos, fluviais, deltaicos, lacustres e marinhos, sendo observados, principalmente arenitos de granulação variada, além de arcóseos, conglomerados, diamictitos, tilitos, folhelhos e ritmitos.

A **Figura 2** apresenta o Mapa Geológico Regional.



Fonte : IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
(Mapa Geológico do Estado de São Paulo - 1981)

Figura 2: Mapa Geológico Regional



## 4.2. Análise de Risco

Freqüentemente os produtos químicos são classificados como “tóxicos” e “não tóxicos”. Entretanto, praticamente todas as substâncias podem causar efeitos tóxicos sob determinadas circunstâncias de exposição. O importante é avaliar “qual a probabilidade de que sejam observadas propriedades tóxicas para um produto químico sob as condições de exposição esperadas para uma determinada população?”.

Com o objetivo de caracterizar a natureza e extensão de potenciais impactos adversos decorrentes da contaminação dos solos, ar ou águas, em uma determinada propriedade ou local, são conduzidas Análises de Risco. Essas geralmente enfocam essencialmente o receptor humano, embora haja métodos para avaliar o risco ecológico, ou seja, aquele relacionado à fauna e flora potencialmente impactadas.

Risco à saúde humana pode ser definido como a probabilidade de que a exposição a um determinado agente, ou agentes, simultânea ou sucessivamente, cause danos à saúde de um indivíduo exposto.

O risco pode ser expresso em termos quantitativos de zero (expressa a certeza de que o dano não ocorra) a 1 (expressa certeza de que o dano ocorra). Um risco de  $10^{-6}$ , por exemplo, representa uma probabilidade de 1 em um milhão de que o dano ocorra.

O processo de quantificação de risco é denominado “Análise ou Avaliação de Risco”, sendo que vários métodos podem ser aplicados de acordo com o caso específico.

Em linhas gerais todos os métodos baseiam-se na premissa de que para que um efeito adverso à saúde humana ocorra são necessários três elementos: o receptor, a fonte de contaminação e um tempo de contato entre eles, chamado de duração da exposição. O contaminante pode atingir o receptor pelas chamadas vias de exposição: ingestão, inalação e contato dermal.

Dessa forma, concentração de exposição é definida em análise de riscos como a concentração no meio a que o indivíduo está exposto, por exemplo, 2 mg de cromo/L de água. A partir da concentração de exposição pode-se calcular a dose, sendo esta a quantidade efetiva do contaminante recebida pelo indivíduo exposto. Doses são geralmente expressas em termos relativos, por exemplo: 2 mg Cr/dia.kg de peso corporal, para considerar a variabilidade dos receptores expostos.

A dose total recebida pelo receptor é comparada, no caso de contaminantes não carcinogênicos, com limites aceitáveis obtidos em ensaios toxicológicos chamados dose de referência (*RfD – reference dose, TDI – tolerable daily intake, etc.*). Em alguns casos os efeitos toxicológicos de um determinado composto são diferentes para as várias vias de exposição. Neste caso as doses obtidas são comparadas com doses de referência específicas, por exemplo – dose de referência para inalação.



Para compostos carcinogênicos não há limites seguros de exposição para os quais o risco de contrair câncer seja nulo (*threshold*). Utiliza-se então uma probabilidade aceitável que varia de  $10^{-6}$  a  $10^{-4}$ , adotando-se como referência para ingestão diária um padrão denominado fator de carcinogenicidade - SF (*Slope Factor*).

A metodologia ACBR (Ações Corretivas Baseadas em Risco) foi desenvolvida originalmente para auxiliar o processo de gerenciamento da contaminação em Postos de Serviços, Bases de Distribuição de Combustíveis, Terminais, ou em outras áreas onde sejam armazenados ou manipulados compostos derivados do refino de petróleo cru. Para o desenvolvimento do método, consideram-se: coleta e avaliação de dados, avaliação da exposição, avaliação da toxicidade e caracterização do risco. Todos de acordo com os propostos pela USEPA (1989).

Para a quantificação de risco à saúde, através do ACBR, devem-se integrar informações, como, características dos contaminantes (mobilidade, solubilidade, volatilização, etc.), do meio impactado (porosidade, gradiente hidráulico, condutividade hidráulica, etc.), dos meios de transporte (águas subterrâneas, solo superficial, solo subsuperficial e ar), das vias de ingresso (ingestão, inalação e cutânea) e das populações receptoras potenciais (massa corpórea média, expectativa de vida, etc.).

O procedimento é iniciado pela suspeita ou confirmação da presença de contaminantes no meio e, a partir deste ponto, são realizadas investigações complementares com o objetivo de levantar o histórico da área, bem como as possíveis fontes de contaminação.

A avaliação de risco pode ser realizada em três níveis: Nível 1, Nível 2 e Nível 3. Os Níveis tornam-se progressivamente mais específicos e detalhados, na medida em que o detalhamento dos estudos sobre a área e contaminantes tornam-se necessários.

No primeiro Nível de avaliação, Nível 1, os valores de concentração dos compostos químicos de interesse verificados nos principais pontos de exposição, são comparados aos valores aceitáveis de concentração. Estes níveis aceitáveis são obtidos por meio de equações que utilizam valores regionais, não específicos da área.

Para os demais níveis, Nível 2 e Nível 3, as concentrações observadas na área fonte, nos pontos de exposição e nos pontos de conformidade, são comparadas com as Concentrações-Meta Específicas da Área (CMEA), que por sua vez são calculadas utilizando-se informações específicas da área de estudo.

No presente trabalho, considerando que valores superiores aos estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes foram encontrados na campanha anterior, desenvolveu-se, portanto, avaliações de Nível 2 (*Tier 2*), calculando-se os níveis de risco existentes e os valores das Concentrações-Meta Específicas da Área.

Ao final da avaliação no Nível 2, poderão ser implementadas as seguintes seqüências de ações:



- Implementação de ações corretivas baseadas nos valores das CMEA (controles institucionais, controles de engenharia ou ações de remediação), ou a transição para um nível de maior complexidade (Nível 3), onde as informações coletadas possuem um maior grau de detalhamento e especificidade;
- Estabelecimento de um plano de monitoramento para a área.

A análise de risco à saúde humana seguiu a metodologia ACBR, desenvolvida segundo níveis crescentes de detalhamento. Para o Nível 1, os valores de concentração mais altos encontrados para os compostos analisados são comparados com aqueles calculados pela CETESB.

Para o desenvolvimento das simulações e cálculos da análise de risco Nível 2, é utilizada a ferramenta *RISC<sub>4</sub>*, um *software* desenvolvido pela *BP Oil e Spence Environmental Engineering* sob a metodologia da ASTM 1739-95. Este *software* foi desenvolvido como uma forma de sistematizar os procedimentos de avaliação de risco executados pela companhia *BP* e ao mesmo tempo atender as exigências dos procedimentos *RBCA*.

#### 4.3. Remediação por Eletrocinese

A Eletrocinese é uma técnica de remediação de solo e água subterrânea baseada na aplicação de uma corrente elétrica ou de um potencial entre eletrodos inseridos em um meio contaminado, que pode ser o solo tanto na zona saturada quanto não saturada.

O mecanismo de atração entre cargas gera processos de transporte de partículas eletricamente carregadas em direção aos eletrodos, promovendo a mobilização e extração de contaminantes do solo e da água subterrânea. Os processos eletrocinéticos podem ser utilizados para promover a remoção de metais e de compostos orgânicos polares por exemplo.

BAPTISTA (2005) descreve os quatro principais processos promovidos pela eletrocinese no solo e na água subterrânea, a eletroforese, eletromigração, eletroosmose, e eletrólise:

- **Eletroforese:** É o transporte de partículas eletricamente carregadas sob a ação de um campo elétrico. Partículas, moléculas ou íons que têm a capacidade de adquirir carga eletrostática livre, em solução ou suspensão, migram para o pólo de carga oposta às suas, quando submetidas à ação de um campo elétrico. Para que uma partícula se mova no campo elétrico, é necessário que possua carga, isto é, um excesso ou deficiência de elétrons, resultando em carga eletrostática livre.

- **Eletromigração ou íon-migração:** É o mecanismo primário da eletroremediação quando os contaminantes são iônicos. Propicia o transporte e mobilização de espécies carregadas através da atração exercida por um eletrodo de carga oposta. Cada espécie iônica possui uma mobilidade distinta em um certo meio, que vai influenciar na velocidade de migração com que o íon vai até o eletrodo;



- **Eletroosmose:** Quando um potencial elétrico é aplicado através de uma massa de solo úmida ou saturada, cátions são atraídos para o cátodo e ânions para o ânodo. Como os íons migram, eles carregam suas águas de hidratação exercendo um arraste viscoso na água que está em sua volta. Desde que haja mais cátions do que ânions num solo contendo partículas de argila carregadas negativamente há uma rede de fluxo de água em direção ao cátodo.

- **Eletrólise:** Eletrólise é uma reação de oxi-redução não-espontânea produzida pela passagem de corrente elétrica. Para que ocorra uma eletrólise é necessário que haja uma solução condutora na qual dois (ou mais) eletrodos são imersos.

Nesse sistema, quando um cátion chega até o cátodo (eletrodo negativo), ele recebe elétrons, processo denominado *redução*. No ânodo, que é o eletrodo positivo, ocorre o inverso: os ânions que chegam até ele doam seus elétrons; esse processo é chamado de *oxidação*.

Através da eletrólise e eletromigração os metais podem ser extraídos do solo e água subterrânea: os metais quando em solução, encontram-se em forma de cátions, e ao receberem elétrons sofrem redução, podendo chegar a sua forma metálica, que é a forma mais reduzida de um metal. Os metais podem ser reduzidos no cátodo, passando para sua forma metálica e se depositando sobre o eletrodo. Entretanto, a redução de metais até sua forma metálica nem sempre é possível devido à competição que ocorre entre água e cátions: há casos em que a água sofre redução preferencialmente a um cátion, o que vai depender do potencial de redução do íon. Cada espécie possui um potencial de redução específico, e quanto maior for esse potencial, maior será a tendência desse cátion se reduzir.

De acordo com YEUNG *et al.* (1997), a eletromigração e a eletroosmose são as forças motrizes primárias utilizadas na remoção dos contaminantes durante o processo de extração eletrocinética.

A partir desses processos de migração para os eletrodos propiciados pela Eletrocinese, os contaminantes podem ser removidos por diversas formas (WALLMANN, P.C., 1994):

- Bombeamento próximo ao eletrodo, de forma a retirar água subterrânea com a maior concentração de contaminantes possível, uma vez que a eletrocinese promove o carregamento dessas espécies em direção ao cátodo;
- Redução de cátions no cátodo e posterior retirada do metal depositado no eletrodo;
- Precipitação/co-precipitação de óxidos e hidróxidos insolúveis e posterior retirada desse resíduo do eletrodo;
- Utilização de resinas de troca iônica juntamente com o sistema de eletrocinese, pois a resina retém os cátions a serem retirados.



#### 4.4. Atividades Industriais Realizadas na Área

De acordo com as informações levantadas junto aos responsáveis pela área estudada, na área industrial em questão, é realizada eletrodeposição de metais do tipo galvanoplastia, que consiste no tratamento de superfície por deposição de um metal sobre o outro, através da redução química ou eletrolítica, e visa à proteção, a melhoria da condutividade e captação para a solda sobre a superfície tratada. A mesma é ainda aplicada para melhoria da aparência, aglutinação de partículas não condutoras à camada eletrodepositada, melhoria da resistência ao atrito e dureza superficial.

Considerando o potencial de contaminação das atividades em questão, destacam-se as seguintes áreas/unidades: áreas de decapagem, área de secador de resíduos, estação de tratamento de efluentes (ETE), linhas zinco alcalina, linha ABS e fosfocromatização, linha de cromação metálica e almoxarifado, sendo que este último é utilizado para armazenamento de produtos químicos.

No que concerne ao potencial risco de contaminação do solo e das águas subterrâneas, destaca-se ainda a geração de lodo dos efluentes aquosos mediante o processo de tratamento físico-químico de precipitação dos íons metálicos.

A **Figura 3** apresenta o *layout* da área investigada.







## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1. Detalhamento da Contaminação**

#### **5.1.1. Observações *In Loco***

Foi levantado o histórico da área, as atividades da vizinhança, rotas de exposição e os possíveis receptores.

Foram realizadas entrevistas no local e vizinhanças e observados aspectos de uso e ocupação do solo, discriminando-se itens de utilização da área como tipo de uso, presença de idosos, crianças e animais, utilização da água subterrânea.

#### **5.1.2. Levantamento de Dados Públicos**

Foram levantados dados no DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), onde buscou-se localizar poços cadastrados nas proximidades da área. Por meio de entrevistas com a vizinhança procurou-se localizar poços não cadastrados.

Todos os poços rasos e profundos existentes em um raio de pelo menos 300 m, a contar do centro de massa da área, foram plotados em mapa referenciado.

#### **5.1.3. Caracterização do Uso e Ocupação do Solo**

Com o objetivo de detalhar o entorno da área investigada, foi confeccionado o mapa de uso e ocupação do solo ao redor da área investigada, por meio de visitas e entrevistas à vizinhança.

#### **5.1.4. Caracterização do Meio e das Fontes de Contaminação**

Foram instalados 12 poços de monitoramento (PM-06 ao PM-17), adicionais aos já existentes na área (PM-01 ao PM-05) para coleta de amostras de água subterrânea, e realizadas 6 sondagens para amostragem de solo; executados ensaios para cálculo de condutividade hidráulica, nivelamento topográfico e interpretações técnicas

Os poços de monitoramento e sondagens para coleta de amostras de solo foram locados de forma a interceptar possíveis pontos contaminados e delimitar a extensão da pluma de contaminação.

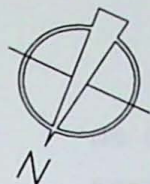
Como critérios para a locação dos poços foram considerados, além das diretrizes da CETESB (2006), as informações obtidas junto aos responsáveis da área, a superfície potenciométrica do aquífero e as informações das investigações anteriores.

Também foram instalados dois poços de observação e um poço de bombeamento para realização dos ensaios piloto de remediação.

A **Figura 4** exibe a localização dos poços de monitoramento, observação e bombeamento instalados na área e a localização das sondagens executadas para coleta de amostras de solo.

Os perfis construtivos dos poços podem ser conferidos no **Anexo I**.





**Legenda:**



Poços de Monitoramento  
Instalados Anteriormente



Poços de Monitoramento  
Instalados na Investigação  
Detalhada



Poços do Ensaio Piloto de  
Remediação



Amostragem de Solo  
Executada Anteriormente



Amostragem de Solo Atual



Amostra Indeformada

Escala Gráfica:



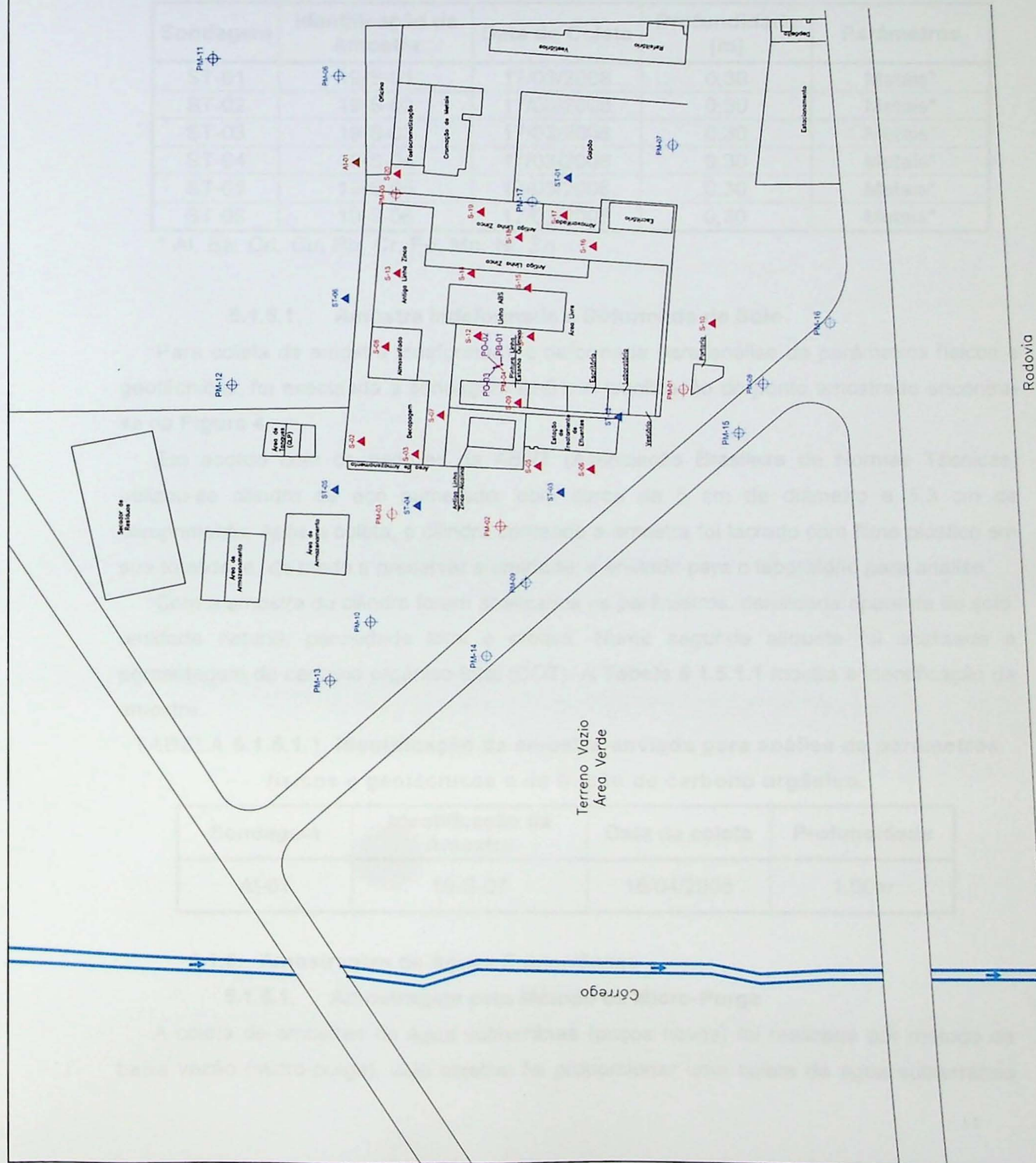
Título:

Localização dos Poços de  
Monitoramento e Amostras  
de Solo

Local:

Campinas – SP

FIGURA 4





### 5.1.5. Amostragem de Solo

A amostragem de solo foi executada por sondagens a trado manual. As profundidades de coleta foram de até 0,30 m para análise de metais (devido às características destes parâmetros). A localização dos pontos amostrados encontra-se na **Figura 4** apresentada anteriormente.

Para garantir o sigilo do trabalho e a qualidade dos resultados adotou-se para cada uma das amostras coletadas uma identificação (**Tabela 5.1.5.1**).

**TABELA 5.1.5.1. Relação das amostras de solo enviadas para análise química.**

| Sondagem | Identificação da Amostra | Data de Coleta | Profundidade (m) | Parâmetros |
|----------|--------------------------|----------------|------------------|------------|
| ST-01    | 19-S-01                  | 17/03/2008     | 0,30             | Metais*    |
| ST-02    | 19-S-02                  | 17/03/2008     | 0,30             | Metais*    |
| ST-03    | 19-S-03                  | 17/03/2008     | 0,30             | Metais*    |
| ST-04    | 19-S-04                  | 17/03/2008     | 0,30             | Metais*    |
| ST-05    | 19-S-05                  | 17/03/2008     | 0,30             | Metais*    |
| ST-06    | 19-S-06                  | 17/03/2008     | 0,30             | Metais*    |

\* Al, Ba, Cd, Cu, Pb, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn.

#### 5.1.5.1. Amostra Indeformada e Deformada de Solo

Para coleta de amostra indeformada e deformada para análise de parâmetros físicos e geotécnicos, foi executada a sondagem AI-01. A localização do ponto amostrado encontra-se na **Figura 4**.

Em acordo com os padrões da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) utilizou-se cilindro de aço numerado, com cerca de 5 cm de diâmetro e 5,3 cm de comprimento. Após a coleta, o cilindro contendo a amostra foi lacrado com filme plástico em sua totalidade, de modo a preservar a umidade, e enviado para o laboratório para análise.

Com a amostra do cilindro foram analisados os parâmetros: densidade aparente do solo, umidade natural, porosidade total e efetiva. Numa segunda alíquota foi analisada a porcentagem de carbono orgânico total (COT). A **Tabela 5.1.5.1.1** mostra a identificação da amostra.

**TABELA 5.1.5.1.1. Identificação da amostra enviada para análise de parâmetros físicos e geotécnicos e de fração de carbono orgânico.**

| Sondagem | Identificação da Amostra | Data da coleta | Profundidade |
|----------|--------------------------|----------------|--------------|
| AI-01    | 19-S-07                  | 16/04/2008     | 1,00m        |

### 5.1.6. Amostragem de Águas Subterrâneas

#### 5.1.6.1. Amostragem pelo Método de Micro-Purga

A coleta de amostras de água subterrânea (poços novos) foi realizada por método de baixa vazão (micro-purga), cujo objetivo foi proporcionar uma coleta de água subterrânea



representativa das condições hidrogeológicas naturais. Isto é conseguido através do controle da vazão de entrada de água na bomba de amostragem, que limite o rebaixamento dentro do poço, minimizando o stress no aquífero.

O controle da entrada de água subterrânea no interior do poço e a definição do momento de sua amostragem são determinados através do monitoramento contínuo de parâmetros físico-químicos (pH, Oxigênio Dissolvido, Eh, Turbidez e Temperatura) da água bombeada, no interior de uma célula de fluxo, até que esses se estabilizem.

A amostragem pelo método de baixa vazão foi conduzida de acordo com as normas da USEPA: "*Region I – LOW STRESS (LOW FLOW) PURGING AND SAMPLING PROCEDURE FOR THE COLLECTION OF GROUND WATER SAMPLES FROM MONITORING WELLS*" e "*Region II – GROUND WATER SAMPLING PROCEDURE LOW STRESS (LOW FLOW) PURGING AND SAMPLING*", além das orientações do "Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas" da CETESB, no capítulo de amostragem de água subterrânea. As etapas foram realizadas dando-se especial atenção ao controle da vazão, não deixando a mesma ultrapassar 250 ml/min, a descontaminação dos equipamentos reutilizáveis e a estabilização dos parâmetros físico-químicos da água.

Segundo Puls e Barcelona (1996), pode-se considerar o poço estável e pronto para amostragem quando os parâmetros apresentaram três leituras iguais consecutivas, dentro dos seguintes intervalos de diferenças:

- $\pm 0.1$  para pH
- 10% para OD e turbidez
- 10 mV para Eh

#### **5.1.6.2. Amostragem com Amostrador Descartável - *Bailer***

Nos poços instalados que não apresentaram espessura de coluna-d'água suficiente para a amostragem por micropurga, igual ou superior a 1,0 m, adotou-se como procedimento a retirada de água (purga) correspondente a 3 (três) vezes o volume contido em cada poço. A purga foi realizada lentamente, para não gerar grande rebaixamento, evitando o efeito cascata nos poços.

Após esse processo, aguardou-se a recuperação do nível d'água a valores entre 70% e 100% do nível original, para então se proceder com a coleta propriamente dita.

A amostragem foi realizada de forma suave, com o amostrador descartável (*bailer*) introduzido lentamente no interior do poço. O primeiro volume de água foi descartado e os seguintes amostrados.

#### **5.1.6.3. Acondicionamento das Amostras**

As amostras foram acondicionadas em frascos de acordo com o parâmetro a ser analisado: um vial de vidro (40 mL) com HCl, para VOC; dois vidros âmbar de 1000 mL para



TPH *fingerprint*, dois frascos plásticos com HNO<sub>3</sub> para Metais e um frasco plástico sem preservante para Cr<sup>6+</sup>.

Todas as amostras foram preservadas em caixas térmicas com gelo até o envio para o laboratório.

#### 5.1.6.4. Identificação das Amostras

Adotou-se para cada uma das amostras coletadas uma identificação (Tabela 5.1.6.4.1).

**TABELA 5.1.6.4.1. Relação das amostras de água subterrânea enviadas para análise química.**

| Poço  | Identificação da Amostra | Data de Coleta | Hora  | Método de Amostragem | Parâmetros         |
|-------|--------------------------|----------------|-------|----------------------|--------------------|
| PM-01 | 19.A.01                  | 02/05/2008     | 13:40 | Micro-purga          | VOC, TPH e Metais* |
| PM-02 | 19.A.02                  | 01/05/2008     | 14:00 | Micro-purga          | VOC, TPH e Metais* |
| PM-03 | 19.A.03                  | 01/05/2008     | 16:00 | Bailer               | VOC, TPH e Metais* |
| PM-04 | 19.A.04                  | 05/05/2008     | 15:00 | Bailer               | VOC, TPH e Metais* |
| PM-05 | 19.A.05                  | 05/05/2008     | 14:45 | Micro-purga          | VOC, TPH e Metais* |
| PM-06 | 19.A.06                  | 16/05/2008     | 09:45 | Micro-purga          | VOC, TPH e Metais* |
| PM-07 | 19.A.07                  | 06/05/2008     | 15:45 | Micro-purga          | VOC, TPH e Metais* |
|       |                          | 15/05/2008     | 14:00 | Bailer               | Cr <sup>6+</sup>   |
| PM-08 | 19.A.08                  | 06/05/2008     | 10:35 | Micro-purga          | VOC, TPH e Metais* |
|       |                          | 15/05/2008     | 15:00 | Bailer               | Cr <sup>6+</sup>   |
| PM-09 | 19.A.09                  | 02/05/2008     | 10:26 | Micro-purga          | VOC, TPH e Metais* |
| PM-10 | 19.A.10                  | 15/05/2008     | 12:30 | Micro-purga          | VOC, TPH e Metais* |
| PM-11 | 19.A.11                  | 19/08/2008     | 09:00 | Micro-purga          | Metais*            |
| PM-12 | 19.A.12                  | 19/08/2008     | 12:00 | Micro-purga          | Metais*            |
| PM-13 | 19.A.13                  | 19/08/2008     | 14:40 | Micro-purga          | Metais*            |
| PM-14 | 19.A.14                  | 19/08/2008     | 16:00 | Micro-purga          | Metais*            |
| PM-15 | 19.A.15                  | 20/08/2008     | 09:30 | Micro-purga          | Metais*            |
| PM-16 | 19.A.16                  | 20/08/2008     | 13:00 | Micro-purga          | Metais*            |
| PM-17 | 19.A.17                  | 20/08/2008     | 15:20 | Micro-purga          | Metais*            |

\* Al, Sb, As, Ba, Cd, Pb, Co, Cu, Cr total, Cr<sup>6+</sup>, Fe total, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, Zn.

#### 5.1.7. Análises Químicas

Neste trabalho foram analisados os parâmetros VOC (Compostos Orgânicos Voláteis), TPH *fingerprint* (Hidrocarbonetos Totais de Petróleo) e Metais (Al, Ba, Cd, Cu, Pb, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn, Sb, As, Co, Hg, Mo, Ag e Se) na água subterrânea. No solo foram analisados os Metais Al, Ba, Cd, Cu, Pb, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn.



Ressalta-se que a água subterrânea dos poços PM-12 ao PM-17 foi analisada somente para Metais e Cromo Hexavalente, uma vez que esses poços foram instalados para delimitação destes contaminantes na água subterrânea.

As análises foram realizadas seguindo os seguintes métodos analíticos:

- EPA 8260 para VOC na água, descritos pela (*United States Environmental Protection Agency* - USEPA);
- EPA 3030F e 3120B para metais na água (exceto mercúrio e  $\text{Cr}^{6+}$ ), descritos pela APHA-AWWA 21ª Ed.; e EPA 3050B e 6010B para solo, descritos pela USEPA;
- 3030F e 3112B para mercúrio na água, descritos pela APHA-AWWA 21ª Ed;
- 3500B para  $\text{Cr}^{6+}$  na água, descrito pela APHA-AWWA 21ª Ed; e EPA 3060A e 3500B, descritos pela (*United States Environmental Protection Agency* - USEPA) e APHA-AWWA 21ª Ed, respectivamente;
- EPA 8015 para TPH *fingerprint*, descrito pela (*United States Environmental Protection Agency* - USEPA).

#### **5.1.8. Regulamentação e Padrões Aplicáveis**

Para a interpretação dos resultados obtidos, adotou-se, no presente trabalho, os valores estabelecidos pela Lista de Valores Orientadores da CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (2005).

Os compostos investigados não contemplados pela lista de valores orientadores da CETESB foram comparados aos padrões determinados na Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004, que estabelece os Valores Máximos Permitidos (VMP) em água para consumo humano, e/ou de padrões internacionais para solo e água. Para tanto, foram selecionados os valores de referência dos Estados Unidos – PRG (*Preliminary Remediation Goals*) da USEPA Region 9 e da Holanda – DRF (*Dutch Reference Framework*), levando-se em conta que estas são freqüentemente aceitas pelos órgãos ambientais brasileiros.

#### **5.1.9. Topografia e Potenciometria**

Através do nivelamento das tampas das sondagens e das medições dos níveis d'água, foram estabelecidas as cotas do nível d'água em todos os poços instalados. Estes dados foram plotados e interpolados entre as diferentes cotas, obtendo como produto final o mapa potenciométrico para a área.



#### **5.1.10. Determinação da Condutividade Hidráulica (K)**

Com os resultados dos ensaios de recuperação executados nos poços PM-07, PM-08 e PM-09 (**ANEXO III**), obteve-se o valor médio da condutividade hidráulica (K) no meio analisado. Esse ensaio consistiu basicamente em:

- Medição com sonda elétrica do nível estático da água no poço;
- Bombeamento do poço, causando um rebaixamento no NA;
- Medição com sonda elétrica de forma sistemática do tempo de subida do NA, até que este atingisse o nível estático ou ficasse estável;
- Interpretação dos dados por meio da equação de Bower & Rice (1976), para os ensaios realizados no aquífero livre.

#### **5.1.11. Determinação da Velocidade de Fluxo**

Com base nos valores de condutividade hidráulica, do gradiente verificado no mapa potenciométrico, e da porosidade efetiva obtida através do ensaio de amostra indeformada, foi calculada a velocidade linear média para a água subterrânea, de acordo com a fórmula:

$$v = K \times i / n_e$$

onde:

v = velocidade linear real;

K = condutividade hidráulica;

i = gradiente hidráulico, e

$n_e$  = porosidade efetiva.

#### **5.1.12. Distribuição da Contaminação**

Para determinar a distribuição espacial em planta da contaminação foram gerados mapas de isoconcentrações para cada composto identificado com concentrações acima do limite de intervenção das normas orientadoras.

Os dados foram geo-referenciados e juntamente com as concentrações encontradas, lançados em planilhas e tratados através do programa Surfer. Posteriormente os resultados foram interpretados e a delimitação da contaminação passou por arte final no programa AutoCAD.

### **5.2. Análise de Risco à Saúde Humana**

Após o desenvolvimento da campanha de investigação detalhada, foram desenvolvidas as simulações para a análise de risco referente ao Nível 2 de detalhamento de acordo com a metodologia ACBR. No Nível 2 as informações coletadas



possuem um maior grau de detalhamento e especificidade, e são calculadas através das concentrações obtidas na área as Concentrações Meta Específicas da Área (CMEA).

### 5.2.1. Compostos Químicos de Interesse

Foram incluídos na análise de risco à saúde humana os compostos detectados nas análises que apresentaram valores acima dos valores orientadores adotados: Bário, Cádmio, Cromo, Níquel e Zinco no solo; e Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo III, Cromo VI, Ferro, Manganês, Níquel, Prata, Zinco, cis-1,2-Dicloroeteno e Tetracloroeteno (PCE) na água subterrânea.

Vale ressaltar que as concentrações utilizadas no cálculo são, no caso do solo, as mais altas, incluindo as duas campanhas de amostragem.

### 5.2.2. Meio Contaminado

O meio contaminado é o solo associado aos depósitos de aterro e o aquífero de tipo poroso freático (livre), situado nos perfis de alteração das rochas gnáissicas pré-cambrianas do Complexo Amparo.

As propriedades físicas do solo, de acordo com a caracterização realizada e com os dados locais, podem ser observadas na **Tabela 5.2.2.1**, a seguir:

**TABELA 5.2.2.1 – Parâmetros do meio físico adotados na Análise de Risco.**

| Parâmetros do Meio Físico                       | Fonte | Área residencial e comercial |
|-------------------------------------------------|-------|------------------------------|
| Espessura da franja capilar (m)                 | ACBR  | 0,05                         |
| Espessura da zona não saturada (m)              | Local | 4,80                         |
| Conteúdo volumétrico de água na franja capilar  | Local | 0,35                         |
| Conteúdo volumétrico de água no solo            | Local | 0,07                         |
| Conteúdo volumétrico de ar na franja capilar    | Local | 0,04                         |
| Conteúdo volumétrico de ar no solo              | Local | 0,3                          |
| Porosidade total do solo (%)                    | Local | 39,00                        |
| Porosidade efetiva do solo (%)                  | Local | 24,70                        |
| Densidade aparente do solo (g/cm <sup>3</sup> ) | Local | 1,61                         |
| Fração de carbono orgânico no solo (%)          | Local | 0,37                         |
| Profundidade do nível d'água (m)                | Local | 4,85                         |
| Condutividade hidráulica (cm/s)                 | Local | 1,27E-04                     |
| Gradiente hidráulico (%)                        | Local | 5,44                         |

### 5.2.3. Receptores

Conforme os levantamentos de campo, delimitação das plumas e o mapa de uso e ocupação do solo foram identificados os seguintes receptores:

- Trabalhadores do próprio estabelecimento;
- Trabalhadores em estabelecimentos comerciais sob influência da pluma de contaminação;
- Trabalhadores temporários na área do estabelecimento;



- d) Adultos e crianças em residências sob possível influência da pluma de contaminação.

#### **5.2.4. Vias de Exposição**

Neste estudo foram consideradas vias de exposição levando em conta os critérios mais conservadores encontrados.

As principais vias de exposição, receptores e CQI's (Compostos Químicos de Interesse) puderam assim ser identificados, e aparecem de forma resumida na **Tabela 5.2.4.1**, representando o modelo conceitual de exposição.

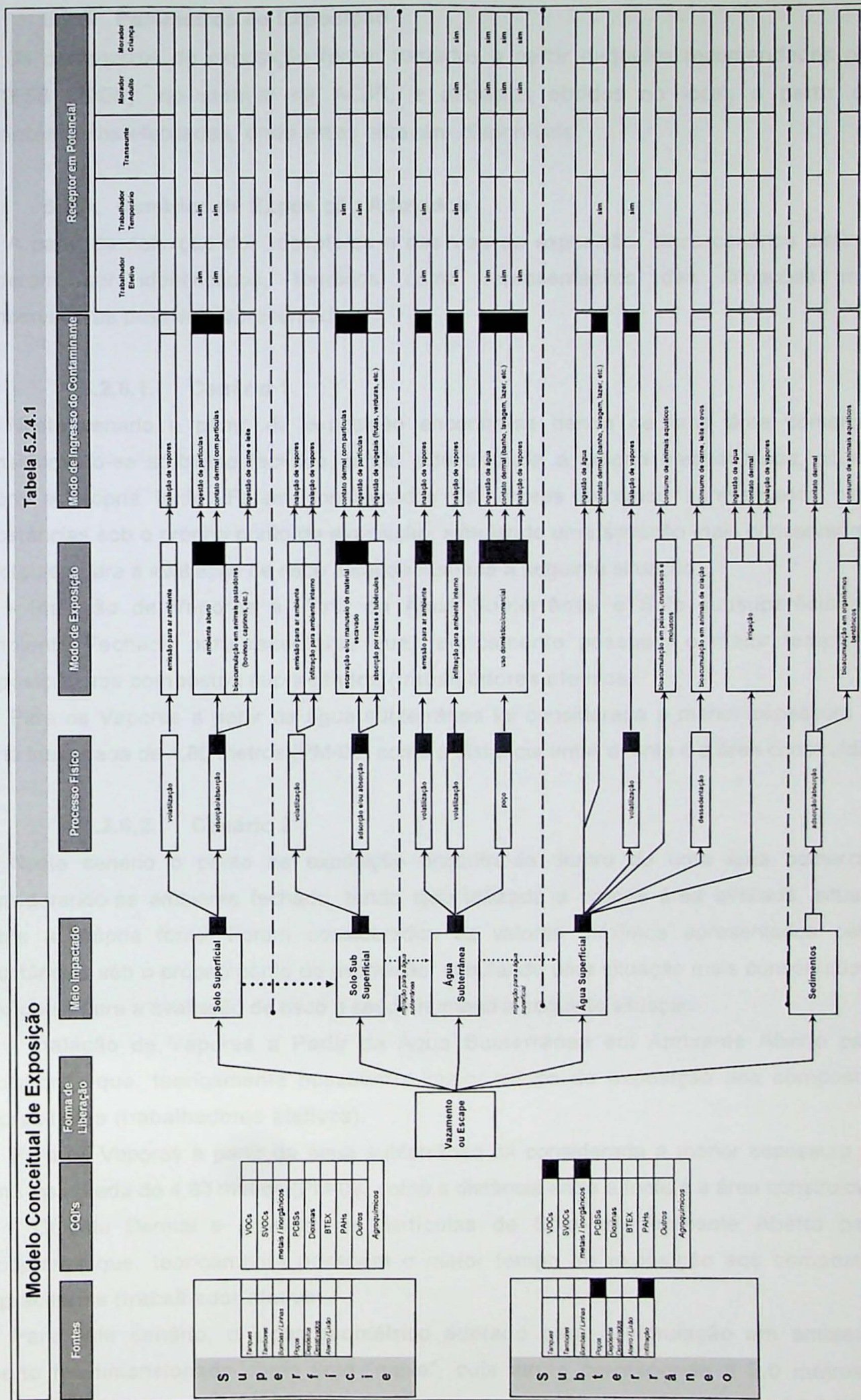
Devido à existência de poço tubular profundo de um estabelecimento e residência vizinha, foi considerada a possibilidade de a água contaminada ser captada por estes e utilizada para ingestão e banho. Como critério conservador, avaliou-se a possibilidade das plumas serem captadas pelo poço tubular profundo, embora estes captem água de um lençol mais profundo (Aquífero Fraturado) que o superficial impactado.

Dessa forma foram estabelecidas as vias de exposição, para os receptores identificados, na área afetada pela pluma de contaminação. Para a área têm-se as seguintes vias de exposição:

- a) Para trabalhadores do próprio estabelecimento: considerando o risco à saúde humana atual, por inalação em ambientes abertos e fechados, de vapores provenientes da água subterrânea, que possam migrar pela zona vadosa e atingir a superfície por pequenas fissuras existentes no piso. Além do risco por contato dermal e ingestão de partículas do solo.
- b) Para trabalhadores temporários: foi considerado um cenário hipotético futuro, devido a obras que envolvam escavações e exposição do lençol freático considerando o risco à saúde humana, por contato dermal e inalação em ambientes abertos, de vapores provenientes de água subterrânea, além de contato dermal e ingestão de partículas de solo, durante obras de construção.
- c) Para trabalhadores em estabelecimentos comerciais sob influência da pluma de contaminação: considerando o risco à saúde humana atual, por inalação em ambientes restritos, de vapores provenientes de água subterrânea, que possam migrar pela zona vadosa e atingir a superfície por pequenas fissuras existentes no piso. Pela existência de poço tubular profundo em comércio vizinho, foi simulado um cenário com risco por ingestão, contato dérmico e inalação de vapores em banho.
- d) Para moradores residenciais, adulto e crianças, considerando inalação de vapores, em ambientes restritos, a partir da água subterrânea, que por ventura possam migrar pela zona vadosa e atingir a superfície. Pela existência de poço tubular profundo em residência vizinha, foi simulado um cenário com risco por ingestão, contato dérmico e inalação de vapores em banho.



TABELA 5.2.4.1 – Modelo Conceitual de Exposição.





### **5.2.5. Parâmetros de Exposição**

Os parâmetros de exposição foram tomados a partir daqueles recomendados pela CETESB (2006), no manual da ACBR, e daqueles obtidos no local, a partir dos levantamentos efetuados, onde estes estavam disponíveis.

### **5.2.6. Cenários de Exposição Adotados**

A partir da definição dos receptores e das vias de exposição, cinco cenários distintos puderam ser identificados, tomados como representativos das situações mais conservadoras possíveis apresentadas:

#### **5.2.6.1. Cenário 1**

Neste cenário o ponto de exposição encontra-se dentro de uma área comercial, considerando-se ambiente fechado, tendo sido utilizada a própria área avaliada, situada sobre a própria fonte. Foram considerados os valores máximos apresentados pelas substâncias sob o próprio ponto de exposição, simulando uma situação mais conservadora. Adotou-se para a avaliação de risco à saúde humana a seguinte situação:

- Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea e Solo subsuperficial em Ambiente Fechado para receptores que, teoricamente possuem o maior tempo de exposição aos compostos supracitados (trabalhadores efetivos).

Para os Vapores a partir da água subterrânea foi considerada a menor espessura da zona insaturada de 4,80 metros (PM-09) como a distância entre a fonte e a área construída.

#### **5.2.6.2. Cenário 2**

Neste cenário o ponto de exposição encontra-se dentro de uma área comercial, considerando-se ambiente fechado, tendo sido utilizada a própria área avaliada, situada sobre a própria fonte. Foram considerados os valores máximos apresentados pelas substâncias sob o próprio ponto de exposição, simulando uma situação mais conservadora. Adotou-se para a avaliação de risco à saúde humana a seguinte situação:

- Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea em Ambiente Aberto para receptores que, teoricamente possuem o maior tempo de exposição aos compostos supracitados (trabalhadores efetivos).

Para os Vapores a partir da água subterrânea foi considerada a menor espessura da zona insaturada de 4,80 metros (PM-09) como a distância entre a fonte e a área construída.

- Contato Dermal e Ingestão de partículas de Solo em Ambiente Aberto para receptores que, teoricamente possuem o maior tempo de exposição aos compostos supracitados (trabalhador efetivo).

Para este cenário, o lugar geométrico adotado para a simulação em ambiente aberto foi dimensionado como uma "caixa", cuja altura corresponde a 2,0 metros e



comprimento de 4,50 metros. Considerou-se a fonte como situada diretamente sob o receptor. Utilizou-se a velocidade na zona de respiração de 2,25 m/s, de acordo com o valor padrão existente no manual ACBR da CETESB.

O solo, nesse caso de Contato Dermal e Ingestão de partículas, é considerado como superficial.

#### **5.2.6.3. Cenário 3**

Nesse cenário o ponto de exposição encontra-se dentro da área avaliada, considerando-se ambiente aberto, situada sobre a própria fonte. Foram considerados os valores máximos apresentadas pelas substâncias sob o próprio ponto de exposição, simulando uma situação mais conservadora. Adotou-se para a avaliação de risco à saúde humana a seguinte situação:

- Contato Dermal e Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea e Solo subsuperficial em atividades de escavação, em Ambiente Aberto, para um receptor que teria período de presença esporádico (trabalhador temporário durante obras).

- Contato Dermal e Ingestão de partículas de Solo em Ambiente Aberto para receptores que, teoricamente, teriam período de exposição esporádico aos compostos supracitados (trabalhador temporário durante obras).

Para o receptor (trabalhador temporário), em que a inalação de voláteis a partir da água subterrânea ocorreria por exposição do aquífero em eventuais obras de escavação, foi utilizado um valor mínimo (0,001 m), para a profundidade do aquífero, uma vez que este teria sua cobertura de solo retirada. Para modelagem do contato dermal com a água deste receptor pelo programa Risc<sub>4</sub>, que ocorreria numa possível obra de escavação, esta foi considerada como água superficial (uma vez que o aquífero seria exposto), numa pequena "lagoa" (simulando a cava resultante), abastecida pelo lençol, em que o receptor trabalharia parcialmente imerso. O solo nesse caso também é considerado superficial.

Para este cenário, o lugar geométrico adotado para a simulação em ambiente aberto foi dimensionado como uma "caixa", cuja altura corresponde a 2,0 metros e comprimento de 4,50 metros. Considerou-se a fonte como situada diretamente sob o receptor. Utilizou-se a velocidade na zona de respiração de 2,25 m/s, de acordo com o valor padrão existente no manual ACBR da CETESB.

#### **5.2.6.4. Cenário 4**

Nesse cenário o ponto de exposição encontra-se dentro de uma área comercial, vizinha a área avaliada, distante aproximadamente 100 metros, considerando-se ambiente fechado. Adotou-se para a avaliação de risco à saúde humana a seguinte situação:



- Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea em Ambiente Fechado para receptores que, teoricamente possuem o maior tempo de exposição aos compostos supracitados (trabalhadores vizinhos);

- Ingestão, Contato Dermal e Inalação de Vapores em banho, em Ambiente Fechado, para receptores que, teoricamente possuem o maior tempo de exposição aos compostos supracitados (trabalhadores vizinhos).

Para o cenário 4, o lugar geométrico adotado para a simulação de ambiente fechado foi dimensionado como uma "caixa", cuja altura corresponde a 3,0 metros e comprimento de 4,00 metros.

Para os Vapores a partir da água subterrânea foi considerada a menor espessura da zona insaturada de 4,80 metros (PM-09) como a distância entre a fonte e a área construída.

Na simulação foi utilizado o poço tubular profundo (100 metros), instalado na vizinhança, considerado como localizado a uma distância de aproximadamente 100 metros entre a fonte (água subterrânea na área do empreendimento), e a área construída (ponto de exposição para os receptores), segundo os dados obtidos pelo levantamento de dados públicos e de uso e ocupação do solo. O comprimento do filtro foi considerado como toda a parede do poço tubular (mais restritivo, sem presença de revestimento), de forma a permitir a captação das plumas de contaminação no aquífero mais superficial.

#### **5.2.6.5. Cenário 5**

Nesse cenário o ponto de exposição encontra-se dentro de uma área residencial, vizinha a área avaliada, distante aproximadamente 100 metros, considerando-se ambiente fechado. Adotou-se para a avaliação de risco à saúde humana a seguinte situação:

- Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea em Ambiente Fechado para receptores que, teoricamente possuem o maior tempo de exposição aos compostos supracitados (crianças e adultos);

- Ingestão, Contato Dermal e Inalação de Vapores em banho, em Ambiente Fechado, para receptores que, teoricamente possuem o maior tempo de exposição aos compostos supracitados (crianças e adultos).

Para o cenário 5, o lugar geométrico adotado para a simulação de ambiente fechado foi dimensionado como uma "caixa", cuja altura corresponde a 3,0 metros e comprimento de 4,00 metros.

Para os Vapores a partir da água subterrânea foi considerada a menor espessura da zona insaturada de 4,80 metros (PM-09) como a distância entre a fonte e a área construída.

Na simulação foi utilizado o poço tubular profundo (100 metros), instalado na vizinhança, considerado como localizado a uma distância de aproximadamente 100 metros entre a fonte (água subterrânea na área do empreendimento), e a área construída (ponto de exposição para os receptores), segundo os dados obtidos pelo levantamento de dados públicos e de



uso e ocupação do solo. O comprimento do filtro foi considerado como toda a parede do poço tubular (mais restritivo, sem presença de revestimento), de forma a permitir a captação das plumas de contaminação no aquífero mais superficial.

### **5.3. Ensaios Piloto de Remediação**

#### **5.3.1. Realização de Ensaios Iniciais**

Com o objetivo de estabelecer o escopo para os ensaios piloto de remediação, foram realizados um ensaio de vazão e um ensaio de recuperação no poço de bombeamento PB-01.

Com os resultados do ensaio de recuperação (**Anexo III**), obteve-se o valor médio da condutividade hidráulica (K) no meio analisado.

Com os resultados do ensaio de vazão (**Anexo III**), obteve-se a equação que descreve o comportamento da carga hidráulica no poço durante o bombeamento a partir das perdas de carga do aquífero e do poço ("Equação do Poço"). Esse ensaio consistiu basicamente em:

- Medição com sonda elétrica do nível estático da água no poço;
- Bombeamento do poço com vazão baixa, causando um rebaixamento no NA até estabilização;
- Aumento gradativo na regulação da vazão após cada estabilização do NA;
- Medição com sonda elétrica de forma sistemática do tempo de descida e estabilização do NA, até a vazão que causasse o esgotamento do poço;
- Interpretação dos dados para os ensaios realizados.

Os ensaios de permeabilidade e o ensaio de vazão podem ser observados no **Anexo III**. Seus resultados permitiram identificar a vazão estável para realização do ensaio de aquífero.

#### **5.3.2. Realização do Ensaio Bombeamento Simples**

Para o ensaio de bombeamento foi utilizada uma bomba submersa modelo HSPURGE II, instalada no PB-01. Diretamente à saída da mangueira da bomba e ligado a um tanque de descarte de resíduos líquidos de 1000L, foi instalado um hidrômetro para o controle preciso da vazão de bombeamento.

O ensaio foi realizado no poço de bombeamento PB-01, e a observação foi realizada nos poços PO-02 e PO-03. Ressalta-se que o poço PM-04 encontrava-se seco.

Inicialmente purgaram-se os poços do ensaio e aguardou-se 24 horas para reestabilização do aquífero.

A bomba foi posicionada a profundidade de 12,00m e a instalação elétrica foi feita em uma fonte estável.



A saída da água da bomba foi ligada a um hidrômetro e a saída deste a um tanque de descarte de resíduos líquidos, graduado e com capacidade para 1000L. A saída do tanque foi conectada à ETE para a destinação da água bombeada;

A vazão da bomba foi regulada para 1,10 L/min ou 66 L/h, utilizando-se um controlador de frequência e um registro para ajuste fino na saída do hidrômetro, evitando assim um estrangulamento e sobrecarga na bomba.

Durante as 46 horas de bombeamento procurou-se manter a vazão constante e foram realizadas amostragens seqüenciais para análise dos parâmetros químicos de interesse.

### **5.3.3. Realização do Ensaio de Eletrocinese com Bombeamento**

Para realização do ensaio foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais:

- 01 par de eletrodos de grafite;
- 01 gerador de potencial elétrico (GPE);
- Medidor de temperatura (°C);
- Medidor de corrente elétrica (A);
- Medidor de nível de água;
- Cabos alimentadores.

Inicialmente foi realizada a purga dos poços de observação e bombeamento (PB-01, PO-02 e PO-03).

A bomba foi posicionada no PB-01 a profundidade de 12,00m e a instalação elétrica foi feita em uma fonte estável.

A saída da água da bomba foi ligada a um hidrômetro e a saída deste a um tanque de descarte de resíduos líquidos, graduado e com capacidade para 1000L. A saída do tanque foi conectada à ETE para a destinação da água bombeada.

A vazão da bomba foi regulada para 1,10 L/min ou 66 L/h, utilizando-se um controlador de frequência e um registro para ajuste fino na saída do hidrômetro, evitando assim um estrangulamento e sobrecarga na bomba.

Foi utilizado um eletrodo negativo (cátodo) de grafite pré-dimensionado, que foi colocado no poço de bombeamento PB-01 e um eletrodo positivo (ânodo) do mesmo material e dimensão foi colocado no PO-02. Ambos os eletrodos ficaram instalados a uma profundidade de 12,12m.

Antes do início do ensaio e durante o mesmo, os níveis de água dos poços foram medidos manualmente, garantindo que o poço não secasse e o nível de água se mantivesse o mais estável possível.

Na saída de água do poço de bombeamento PB-01 foram realizadas coletas seqüenciais de amostra de água, durante 48 horas, para análise dos parâmetros químicos de interesse.

Os eletrodos foram retirados dos poços e o material impregnado no eletrodo negativo foi amostrado e enviado para análise dos parâmetros químicos de interesse.



## **6. RESULTADOS OBTIDOS**

### **6.1. Uso e Ocupação do Solo**

Ao redor do terreno em estudo pode-se observar que a área apresenta uma baixa concentração demográfica, com uso misto do solo, tanto residencial, quanto industrial e comercial.

As residências observadas encontram-se geralmente em chácaras que ocupam grandes terrenos e ocorrem predominantemente a leste e sul da área avaliada. A norte existe um área verde sem ocupação, uma indústria produtora de moldes de injeção termoplásticos e uma empresa que realiza injeção de peças plásticas. Na poção noroeste ocorre uma empresa de logística; uma fábrica de banheiras e uma retífica mecânica.

Nenhuma das áreas próximas ao terreno avaliado encontra-se na “Lista de Áreas Contaminadas” emitida pela CETESB em novembro de 2007. Segundo as entrevistas realizadas em campo quanto à existência de poços tubulares, cacimbas ou cisternas nas vizinhanças, foram levantados poços profundos nas empresas supracitadas e em chácaras próximas. Os poços estão localizados no Mapa de Uso e Ocupação da **Figura 5**.

Nenhum poço cadastrado junto ao DAEE foi encontrado num raio de 300m do terreno avaliado.

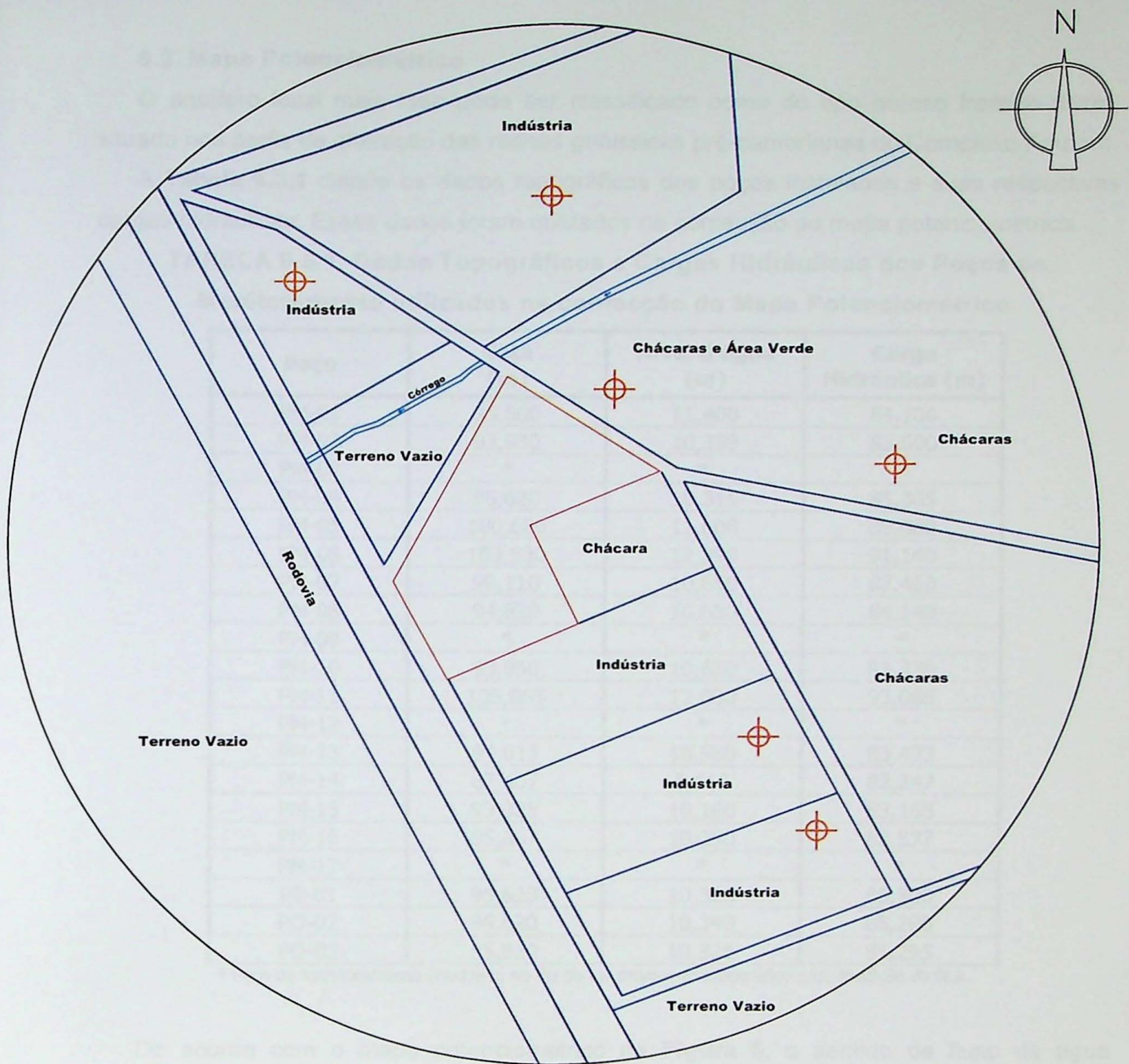
### **6.2. Descrição dos Materiais Observados no Local**

O solo observado na área de estudo foi determinado através das sondagens realizadas na área. Elas foram descritas sob o ponto de vista de suas características geológicas naturais.

Com variação entre 0,10 a 3,5 m de profundidade, encontra-se primeiramente uma camada de aterro, constituído por silte argiloso vermelho, com grânulos e fragmentos de quartzo, e presença de material de entulho.

Sotoposto ao aterro encontram-se solos de alteração de rocha gnáissica, formados por material silto-areno-argiloso (areia média) com variação tanto vertical como horizontal a uma areia fina a média, algumas vezes silto-argilosa, micácea, cinza com porções brancas, amarela e marrom. Ocorre presença de grãos de quartzo, feldspato caulinizado, micas e fragmentos de rocha alterada. Em profundidade, as estruturas tornam-se cada vez mais evidentes, com a melhor preservação dos grãos minerais primários.





Legenda:

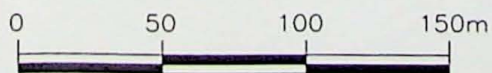


Área Investigada



Poço Tubular Profundo

Escala Gráfica:



Título:

Uso e Ocupação

Escala:

Gráfica

Local:

Campinas – SP

FIGURA 5



### 6.3. Mapa Potenciométrico

O aquífero local mais raso pode ser classificado como do tipo poroso freático (livre), situado nos perfis de alteração das rochas gnáissicas pré-cambrianas do Complexo Amparo.

A **Tabela 6.3.1** dispõe os dados topográficos dos poços instalados e suas respectivas cargas hidráulicas. Esses dados foram utilizados na confecção do mapa potenciométrico.

**TABELA 6.3.1. Dados Topográficos e Cargas Hidráulicas dos Poços de Monitoramento utilizados na confecção do Mapa Potenciométrico.**

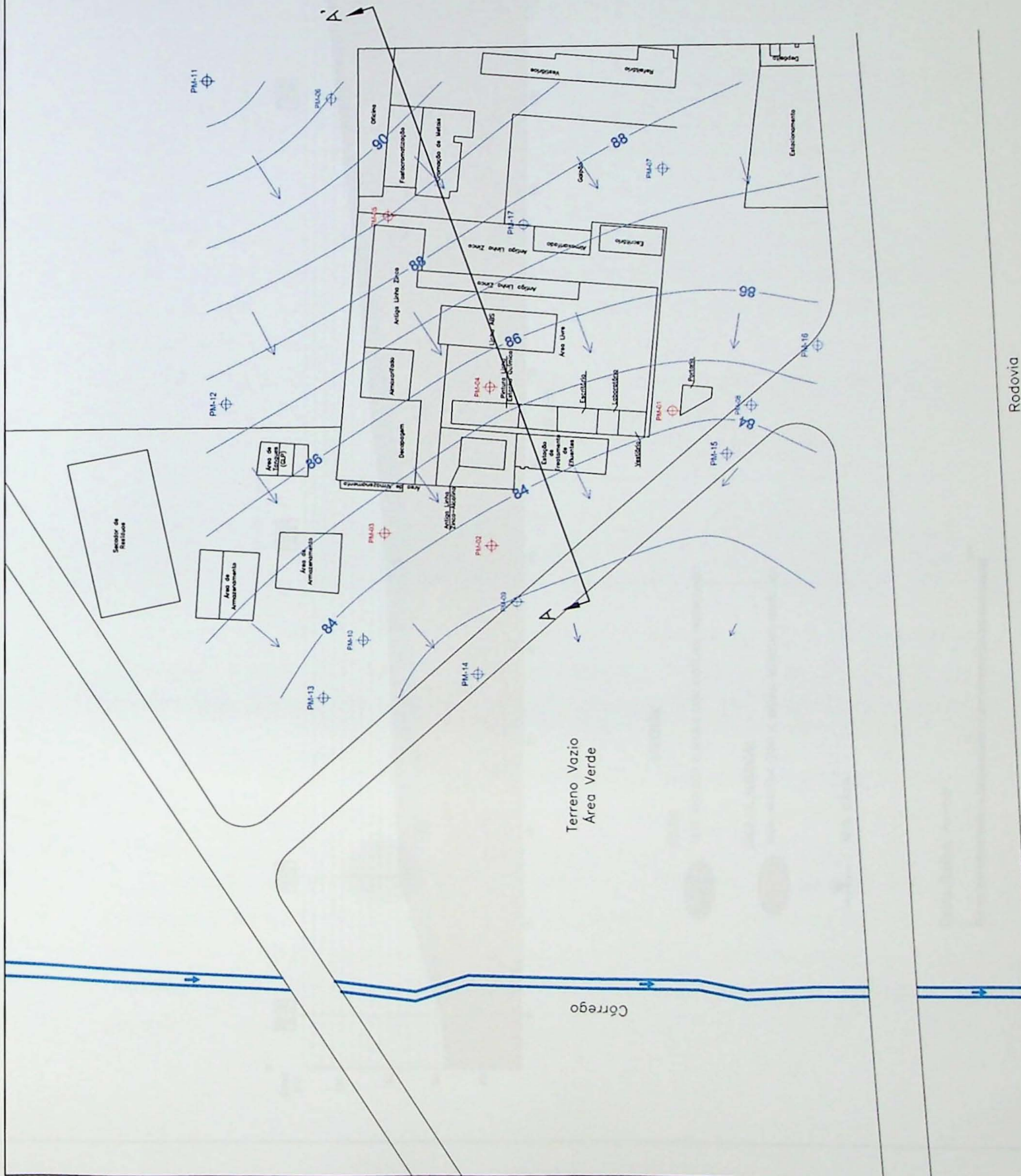
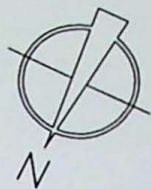
| Poço  | Cota (m) | Nível d'água (m) | Carga Hidráulica (m) |
|-------|----------|------------------|----------------------|
| PM-01 | 95,500   | 11,400           | 84,100               |
| PM-02 | 93,930   | 10,330           | 83,600               |
| PM-03 | *        | *                | *                    |
| PM-04 | 95,620   | 10,315           | 85,305               |
| PM-05 | 100,680  | 11,600           | 89,080               |
| PM-06 | 103,530  | 12,390           | 91,140               |
| PM-07 | 98,110   | 10,650           | 87,460               |
| PM-08 | 94,820   | 10,680           | 84,140               |
| PM-09 | *        | *                | *                    |
| PM-10 | 93,950   | 10,620           | 83,330               |
| PM-11 | 105,065  | 12,000           | 93,065               |
| PM-12 | *        | *                | *                    |
| PM-13 | 94,013   | 10,580           | 83,433               |
| PM-14 | 87,407   | 5,160            | 82,247               |
| PM-15 | 93,325   | 10,160           | 83,165               |
| PM-16 | 95,867   | 10,290           | 85,577               |
| PM-17 | *        | *                | *                    |
| PB-01 | 95,620   | 10,320           | 85,300               |
| PO-02 | 95,620   | 10,340           | 85,280               |
| PO-03 | 95,620   | 10,325           | 85,295               |

\* Poço de monitoramento encoberto no dia do levantamento topográfico e/ou medição do N.A..

De acordo com o mapa potenciométrico da **Figura 6**, o sentido de fluxo da água subterrânea direciona-se no sentido norte-noroeste. Considerando-se a forma de relevo local, observa-se que o sentido de fluxo está condicionado à presença de um pequeno córrego próximo à área de estudo, o qual propicia o escoamento superficial das águas pluviais e condiciona também o fluxo subterrâneo. O gradiente hidráulico foi calculado em 5,44%.

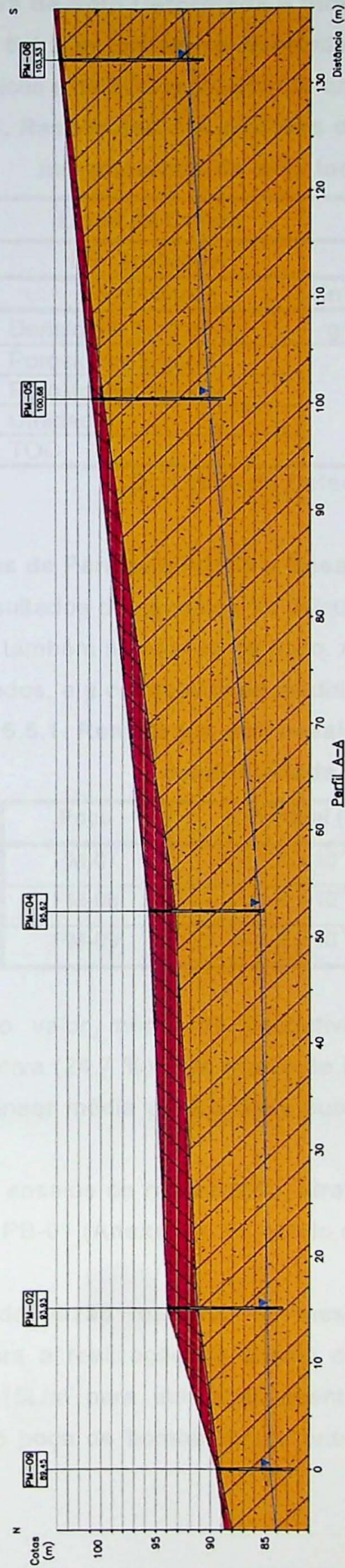
A **Figura 7** apresenta o perfil hidrogeológico.





|         |                      |         |          |
|---------|----------------------|---------|----------|
| Título: | Mapa Potenciométrico | Escala: | Gráfica  |
| Local:  | Campinas - SP        |         | FIGURA 6 |

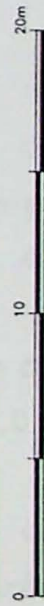




#### LEGENDA:

- ATERRO**
- SILTE ARGILOSO E ARGILA COM ENTULHO; AVERMELHADO
- SOLO DE ALTERAÇÃO**
- ÁREA ARGILOSA (FINA A MÉDIA), VERMELHO-AMARELADO
- NÍVEL D'ÁGUA**

Escala Gráfica: Ver=Hor



|         |                       |         |          |
|---------|-----------------------|---------|----------|
| Título: | Perfil Hidrogeológico | Escala: | Gráfica  |
| Local:  | Campinas - SP         |         | FIGURA 7 |



#### 6.4. Amostra de Solo Deformada e Indeformada

Na Tabela 6.4.1 encontram-se transcritos os resultados da análise dos parâmetros físicos, geotécnicos e de TOC realizada nas amostras de solo indeformada e deformada.

**TABELA 6.4.1. Resultados das análises de parâmetros físicos/geotécnicos e TOC nas amostras de solo indeformada e deformada.**

| Local da Coleta    | AI-01             |      |           |
|--------------------|-------------------|------|-----------|
| I.D. Amostras      | 19-S-07           |      |           |
| Parâmetros         | Unidade           | L.D. | Resultado |
| Densidade Aparente | g/cm <sup>3</sup> | 0,01 | 1,61      |
| Porosidade Efetiva | %                 | 0,1  | 24,7      |
| Porosidade Total   |                   | 0,1  | 39,0      |
| Umidade            |                   | 0,1  | 6,5       |
| TOC                |                   | 0,01 | 0,37      |

L.D.: Limite de Detecção.

#### 6.5. Ensaios de Permeabilidade e Ensaio de Vazão

Com os resultados dos ensaios foi calculada a condutividade média do aquífero no local, utilizada também na análise de risco. A Tabela 7.5.1 apresenta os resultados dos ensaios realizados, e a condutividade média.

**TABELA 6.5.1. Resultados dos ensaios de recuperação e valor médio de condutividade hidráulica (K).**

| Poço  | K Pontual (cm/s)   | K Média (cm/s)        |
|-------|--------------------|-----------------------|
| PM-07 | $2 \times 10^{-4}$ | $1,27 \times 10^{-4}$ |
| PM-08 | $9 \times 10^{-5}$ |                       |
| PM-09 | $9 \times 10^{-5}$ |                       |

A partir do valor médio da condutividade hidráulica ( $1,27 \times 10^{-4}$  cm/s), da porosidade efetiva (24,7 %) e do gradiente hidráulico, calculado em 5,44 %, obteve-se a velocidade linear média para a água subterrânea:  $2,8 \times 10^{-5}$  cm/s (2,42 cm/dia, ou 8,82 m/ano).

Já para os ensaios de remediação, através de ensaio de recuperação no poço de bombeamento PB-01 (**Anexo III**), foi obtido o valor da condutividade hidráulica de  $2,0 \times 10^{-4}$  cm/s.

O ensaio de vazão realizado no mesmo poço (**Anexo III**) permitiu definir os parâmetros para a realização do ensaio de bombeamento, definindo-se uma vazão máxima de 1,15L/m para um rebaixamento no poço de bombeamento de 1,03 m, evitando que o poço de bombeamento entrasse em um regime de fluxo turbulento e secasse.



## 6.6. Resultados Analíticos

### 6.6.1. Solo

As investigações preliminares realizadas anteriormente indicaram que as seguintes áreas haviam apresentado indícios de contaminação no solo por metais: secagem de resíduos sólidos; decapagem; antiga linha de zinco alcalina (atualmente desativada); linha de ABS; e antigo almoxarifado.

Os principais resultados analíticos obtidos anteriormente, que serviram de base para a atual campanha de amostragem, encontram-se no **Anexo II**.

Na atual campanha, os pontos de amostragem foram posicionados de modo a permitir uma melhor delimitação da distribuição dos metais no solo. Esses pontos podem ser visualizados na **Figura 4**.

Na **Tabela 6.6.1.1** a seguir apresentam-se transcritos os principais valores obtidos para as substâncias analisadas em comparação com os valores de referência da CETESB e PRG - USEPA (Region 9). Na campanha anterior de coleta, observou-se a ocorrência dos elementos bário (S-13), cádmio (S-04), cromo (S-04, S-11), ferro (S-01, S-02, S-12, S-13, S-17, S-19), níquel (S-04, S-11, S-12) e zinco (S-04), com valores acima dos Valores Orientadores estabelecidos pelos órgãos ambientais em vigor (cenário residencial). Com exceção dos resultados apresentados para o ferro (todas as amostras) e níquel (S-04 e S-11), todos os demais se apresentam em concentrações superiores aos Valores Orientadores para o cenário industrial.

Na atual campanha, observa-se a ocorrência Al, Ba, Pb, Co, Mn, Zn em todas as amostras de solo, porém, em concentrações inferiores aos seus respectivos valores orientadores para cenário industrial e residencial. Cádmio foi detectado nas amostras ST-03 e ST-04, e Cr VI na amostra ST-01, mas estes também estiveram abaixo dos valores orientadores.

Ferro foi detectado em concentrações acima do valor orientador do PRG para solos de uso residencial em todas as amostras de solo, porém os valores foram inferiores ao limite estabelecido para solos de uso industrial.

Cr total e Ni também se apresentaram acima dos limites de detecção do laboratório em todas as amostras. As concentrações desses metais foram superiores aos orientadores para solo de uso residencial na amostra ST-03. Entretanto, somente para o Ni o valor foi também superior ao limite de intervenção para solo de uso industrial.



TABELA 6.6.1.1.1. Resultados das análises de solo desta campanha.

| Local da Coleta | L.D. | Metais (mg/kg) |              |              |              |              |              | ST-06 | Valores Orientadores - Cenário Residencial | Valores Orientadores - Cenário Industrial |
|-----------------|------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                 |      | ST-01          | ST-02        | ST-03        | ST-04        | ST-05        | ST-06        |       |                                            |                                           |
| I.D. Amostras   |      | 19-S-01        | 19-S-02      | 19-S-03      | 19-S-04      | 19-S-05      | 19-S-06      |       |                                            |                                           |
| Metais (mg/kg)  |      |                |              |              |              |              |              |       |                                            |                                           |
| Alumínio        | 20   | 35937          | 65337        | 55599        | 48069        | 52051        | 50172        |       | 76000 <sup>(2)</sup>                       | 100000 <sup>(2)</sup>                     |
| Bário           | 20   | 90             | 94           | 152          | 132          | 101          | 105          |       | 500 <sup>(1)</sup>                         | 750 <sup>(1)</sup>                        |
| Cádmio          | 0,5  | < L.D.         | < L.D.       | 2,5          | 1,4          | < L.D.       | < L.D.       |       | 8 <sup>(1)</sup>                           | 20 <sup>(1)</sup>                         |
| Chumbo          | 1    | 3              | 24           | 24           | 13           | 8            | 4            |       | 300 <sup>(1)</sup>                         | 900 <sup>(1)</sup>                        |
| Cobre           | 2    | 17             | 18           | 184          | 105          | 30           | 16           |       | 400 <sup>(1)</sup>                         | 600 <sup>(1)</sup>                        |
| Cromo           | 2    | 45             | 55           | <b>342</b>   | 77           | 65           | 76           |       | 300 <sup>(1)</sup>                         | 400 <sup>(1)</sup>                        |
| Cromo VI        | 0,5  | 0,6            | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       |       | 64 <sup>(2)</sup>                          | 64 <sup>(2)</sup>                         |
| Ferro           | 5    | <b>30519</b>   | <b>32045</b> | <b>33234</b> | <b>39396</b> | <b>29978</b> | <b>28614</b> |       | 23000 <sup>(2)</sup>                       | 100000 <sup>(2)</sup>                     |
| Manganês        | 2    | 63             | 87           | 127          | 48           | 58           | 72           |       | 1800 <sup>(2)</sup>                        | 19000 <sup>(2)</sup>                      |
| Níquel          | 5    | 15             | 14           | <b>305</b>   | 67           | 33           | 14           |       | 100 <sup>(1)</sup>                         | 130 <sup>(1)</sup>                        |
| Zinco           | 1    | 137            | 53           | 881          | 128          | 109          | 33           |       | 1000 <sup>(1)</sup>                        | 2000 <sup>(1)</sup>                       |

(1) Valores orientadores para solo - CETESB 2005

(2) Valores orientadores para solo - USEPA Região 9 (PRG)

L.D.: Limite de Detecção do Laboratório

Os valores em **negrito** estão acima somente do valor orientador para cenário residencial somente.

Os valores em **negrito e vermelho** estão acima do valor orientado para cenário industrial.



### 6.6.2. Águas Subterrâneas

De acordo com os estudos anteriores, os seguintes elementos e compostos haviam apresentado indícios de contaminação na água subterrânea: Al (PM-01 ao PM-05); Ba (PM-01 ao PM-04); Cd (PM-02 ao PM-04); Cu (PM-04); Pb (PM-01 ao PM-04); Cr (PM-02); Fe (PM-01 ao PM-05); Mn (PM-01 ao PM-05); Ni (PM-01 ao PM-05); Zn (PM-02, PM-04); TPH total (PM-01 ao PM-05).

Durante os trabalhos, os pontos de amostragem foram posicionados na tentativa de delimitar as plumas de contaminação. Após o reporte dos primeiros resultados (PM-01 ao PM-10), foi realizada a instalação de mais 7 poços de monitoramento (PM-11 a PM-17) e realizada a coleta de amostras de água subterrânea nos mesmos. A localização desses pontos encontra-se na **Figura 4**.

Na **Tabela 6.6.2.1** a seguir apresentam-se transcritos os valores obtidos para as substâncias analisadas, em comparação com os valores de referência da CETESB e USEPA (Region 9). Ressalta-se que o parâmetro TPH *fingerprint* não foi detectado em nenhuma amostra na atual amostragem.



TABELA 6.6.2.1. Principais resultados das análises de água subterrânea.

| Local da Coleta        |   | L.D.   | PM-01   | PM-02   | PM-03   | PM-04   | PM-05   | PM-06   | PM-07   | PM-08   | PM-09   | PM-10   | Valores Orientadores |
|------------------------|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| I.D. Amostras          |   |        | 19.A.01 | 19.A.02 | 19.A.03 | 19.A.04 | 19.A.05 | 19.A.06 | 19.A.07 | 19.A.08 | 19.A.09 | 19.A.10 |                      |
| Metais (mg/L)          |   |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |                      |
| Alumínio               |   | 0,05   | < L.D.  | 1,320   | < L.D.  | 101,640 | 53,200  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 0,390   | 0,900   | 0,20 <sup>(1)</sup>  |
| Antimônio              |   | 0,002  | 0,003   | 0,016   | < L.D.  | 0,494   | 0,234   | < L.D.  | < L.D.  | 0,002   | < L.D.  | < L.D.  | 0,005 <sup>(1)</sup> |
| Arsênio                |   | 0,005  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 0,373   | 0,039   | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 0,010 <sup>(1)</sup> |
| Bário                  |   | 0,10   | 0,200   | < L.D.  | 0,200   | 0,500   | 0,100   | 0,200   | 1,300   | < L.D.  | < L.D.  | 0,200   | 0,70 <sup>(1)</sup>  |
| Cádmio                 |   | 0,001  | < L.D.  | 0,039   | 0,031   | 0,035   | 0,002   | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 0,027   | 0,001   | 0,005 <sup>(1)</sup> |
| Chumbo                 |   | 0,002  | < L.D.  | 0,004   | 0,002   | 0,104   | 0,055   | < L.D.  | < L.D.  | 0,005   | 0,006   | 0,037   | 0,010 <sup>(1)</sup> |
| Cobalto                |   | 0,001  | 0,014   | 0,087   | 0,088   | 0,496   | 0,576   | < L.D.  | 0,003   | 0,035   | 0,109   | 0,053   | 0,005 <sup>(1)</sup> |
| Cobre                  |   | 0,001  | < L.D.  | 0,491   | 0,001   | 155,624 | 1,224   | 0,001   | 0,001   | 0,002   | 0,007   | 0,009   | 2,0 <sup>(1)</sup>   |
| Cromo                  |   | 0,005  | < L.D.  | 1,606   | < L.D.  | 20,192  | 9,207   | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 0,05 <sup>(1)</sup>  |
| Cromo VI               |   | 0,005  | < L.D.  | 1,483   | < L.D.  | 0,589   | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 0,11 <sup>(2)</sup>  |
| Ferro                  |   | 0,01   | 0,130   | 0,090   | 0,060   | 5,640   | 1,110   | < L.D.  | 0,050   | 0,070   | 0,030   | 1,450   | 0,3 <sup>(1)</sup>   |
| Manganês               |   | 0,01   | < L.D.  | 0,450   | 0,950   | 3,950   | 4,560   | 0,070   | 0,110   | < L.D.  | 0,930   | 0,450   | 0,4 <sup>(1)</sup>   |
| Mercúrio               |   | 0,001  | 0,030   | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 0,110   | < L.D.  | < L.D.  | 0,001 <sup>(1)</sup> |
| Níquel                 |   | 0,005  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 0,020   | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 0,020 <sup>(1)</sup> |
| Selênio                |   | 0,005  | 0,167   | 15,846  | < L.D.  | 621,421 | 234,991 | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 0,091   | < L.D.  | 0,010 <sup>(1)</sup> |
| Zinco                  |   | 0,005  | 0,031   | 8,545   | 0,177   | 20,820  | 33,139  | 0,011   | 0,013   | 0,049   | 0,220   | 0,066   | 5,0 <sup>(1)</sup>   |
| Voláteis (µg/L)        |   |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |                      |
| 1,2-Dicloroeteno-cis   | 1 | 5      | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 126     | 2       | < L.D.  | 25      | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 50 <sup>(1)</sup>    |
| 1,2-Dicloroeteno-trans |   | < L.D. | 3       | 42      | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  |                      |
| Clorofórmio            |   | < L.D. | < L.D.  | 3       | < L.D.  | 1       | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 200 <sup>(1)</sup>   |
| 1,2-Dicloroetano       |   | < L.D. | < L.D.  | 5       | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 10 <sup>(1)</sup>    |
| Tricloroeteno          |   | < L.D. | 6       | 9       | 5       | 1       | < L.D.  | < L.D.  | 6       | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 70 <sup>(1)</sup>    |
| Tolueno                |   | < L.D. | < L.D.  | < L.D.  | 6       | 6       | < L.D.  | < L.D.  | 6       | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 700 <sup>(1)</sup>   |
| Tetracloroeteno        |   | 21     | 186     | 42      | 187     | 88      | 1       | 1       | 1       | < L.D.  | 12      | < L.D.  | 40 <sup>(1)</sup>    |
| Cloreto de Vinila      |   | < L.D. | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 3       | < L.D.  | < L.D.  | < L.D.  | 5 <sup>(1)</sup>     |

L.D.: Limite de Detecção Analítico do Laboratório

(1) Valor de Intervenção para água subterrânea - CETESB (2005)

(2) Valores orientadores para água superficial - USEPA Região 9 (PRG)

Os valores em negrito encontram-se acima dos Valores Orientadores



| Local da Coleta |  | L.D.  | PM-11        | PM-12        | PM-13        | PM-14        | PM-15        | PM-16       | PM-17        | Valores Orientadores |
|-----------------|--|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|----------------------|
| I.D. Amostras   |  |       | 19.A.11      | 19.A.12      | 19.A.13      | 19.A.14      | 19.A.15      | 19.A.16     | 19.A.17      |                      |
| Metais (mg/L)   |  |       |              |              |              |              |              |             |              |                      |
| Alumínio        |  | 0,05  | <b>0,63</b>  | < L.D.       | <b>0,28</b>  | <b>0,9</b>   | <b>1,37</b>  | <b>0,22</b> | < L.D.       | 0,20 <sup>(1)</sup>  |
| Antimônio       |  | 0,002 | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.      | < L.D.       | 0,005 <sup>(1)</sup> |
| Arsênio         |  | 0,005 | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.      | < L.D.       | 0,010 <sup>(1)</sup> |
| Bário           |  | 0,10  | 0,4          | < L.D.       | 0,1          | < L.D.       | < L.D.       | 0,2         | 0,2          | 0,70 <sup>(1)</sup>  |
| Cádmio          |  | 0,001 | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.      | < L.D.       | 0,005 <sup>(1)</sup> |
| Chumbo          |  | 0,002 | <b>0,011</b> | <b>0,03</b>  | 0,007        | 0,004        | 0,003        | < L.D.      | 0,006        | 0,010 <sup>(1)</sup> |
| Cobalto         |  | 0,001 | 0,003        | <b>0,005</b> | <b>0,025</b> | <b>0,037</b> | <b>0,013</b> | 0,004       | 0,003        | 0,005 <sup>(1)</sup> |
| Cobre           |  | 0,001 | 0,019        | < L.D.       | 0,005        | 0,003        | 0,002        | 0,001       | 0,002        | 2,0 <sup>(1)</sup>   |
| Cromo           |  | 0,005 | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | <b>0,258</b> | < L.D.      | < L.D.       | 0,05 <sup>(1)</sup>  |
| Cromo VI        |  | 0,005 | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | 0,057        | < L.D.      | < L.D.       | 0,11 <sup>(2)</sup>  |
| Ferro           |  | 0,01  | <b>1,97</b>  | <b>0,48</b>  | <b>0,7</b>   | <b>1,25</b>  | <b>1,91</b>  | <b>0,76</b> | 0,01         | 0,3 <sup>(1)</sup>   |
| Manganês        |  | 0,01  | 0,05         | 0,22         | 0,13         | 0,27         | 0,07         | 0,03        | < L.D.       | 0,4 <sup>(1)</sup>   |
| Mercúrio        |  | 0,001 | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.      | <b>0,002</b> | 0,001 <sup>(1)</sup> |
| Níquel          |  | 0,005 | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.      | < L.D.       | 0,020 <sup>(1)</sup> |
| Selênio         |  | 0,005 | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.       | < L.D.      | < L.D.       | 0,010 <sup>(1)</sup> |
| Zinco           |  | 0,005 | 0,034        | 0,016        | 0,02         | 0,065        | 0,009        | 0,009       | 0,019        | 5,0 <sup>(1)</sup>   |

**L.D.:** Limite de Detecção Analítico do Laboratório

**(1)** Valor de Intervenção para água subterrânea - CETESB (2005)

**(2)** Valores orientadores para água superficial - USEPA Região 9 (PRG)

**Os valores em negrito encontram-se acima dos Valores Orientadores**



Na tabela da campanha atual, observam-se os seguintes elementos e compostos em concentrações acima dos respectivos valores orientadores:

- Alumínio – Acima do valor orientador no PM-02, PM-04, PM-05, PM-09 ao PM-11 e PM-13 ao PM-16. Nos demais poços, abaixo do limite de detecção analítico do laboratório;
- Antimônio – Acima do valor orientador no PM-02, PM-04 e PM-05. Abaixo do valor orientador no PM-01 e no PM-08. Nos demais poços, abaixo do limite de detecção analítico do laboratório;
- Arsênio – Acima do valor orientador no, PM-04 e PM-05. Nos demais poços, abaixo do limite de detecção analítico do laboratório;
- Bário - Acima do valor orientador no PM-07. Abaixo do valor orientador no PM-01, PM-03, PM-04, PM-05, PM-10, PM-11, PM-13, PM-16 e PM-17. Nos demais poços, abaixo do limite de detecção analítico do laboratório;
- Cádmio – Acima do valor orientador no PM-02, PM-03, PM-04 e PM-09. No PM-05 e no PM-10 abaixo do valor orientador. Abaixo do limite de detecção analítico do laboratório nos demais poços;
- Chumbo – Acima do valor orientador no PM-04, PM-05, PM-10, PM-11 e PM-12. Abaixo do valor orientador no PM-02, PM-03, PM-09, PM-13, PM-14, PM-15 e PM-17. Nos demais poços, abaixo do limite de detecção analítico do laboratório;
- Cobalto – Acima do valor orientador no PM-01, PM-02, PM-03, PM-04, PM-05, PM-08, PM-09, PM-10, PM-13, PM-14 e PM-15. Abaixo do valor orientador nos demais poços e não detectado no PM-06;
- Cobre – Acima do valor orientador no PM-04. Abaixo do limite de detecção analítico do laboratório no PM-01 e no PM-12, e abaixo do valor orientador nos demais poços;
- Cromo Total - Acima do valor orientador no PM-04, PM-05 e PM-15. Abaixo do valor orientador no PM-02. Nos demais poços, abaixo do limite de detecção analítico do laboratório;
- Cromo VI – Acima do valor orientador no PM-02 e PM-04. Abaixo do valor orientador no PM-15, e abaixo do limite de detecção analítico do laboratório nos demais poços;
- Ferro - Acima do valor orientador no PM-02, PM-05, PM-04, PM-05 e PM-10 ao PM-16. Abaixo do valor orientador nos PM-01 ao PM-03, PM-07 ao PM-09 e PM-17. No PM-06, abaixo do limite de detecção analítico do laboratório;
- Manganês - Acima do valor orientador no PM-02, PM-03, PM-04, PM-05, PM-09 e PM-10. Abaixo do valor orientador nos PM-06, PM-07 e PM-11 ao PM-16. Nos demais poços, abaixo do limite de detecção analítico do laboratório;



- Mercúrio - Acima do valor orientador no PM-01, PM-08 e PM-17. Nos demais poços, abaixo do limite de detecção analítico do laboratório;
- Molibdênio – Detectado apenas no PM-04, porém abaixo do valor orientador;
- Níquel – Acima do valor orientador no PM-01, PM-02, PM-04, PM-05 e PM-09. Nos demais poços abaixo do limite de detecção analítico do laboratório;
- Zinco – Acima do valor orientador no PM-02, PM-04 e PM-05. Abaixo do valor orientador nos demais poços.
- 1,2-Dicloroetano-cis (DCE) – PM-04. Abaixo do valor orientador no PM-01, PM-05 e PM-07, e abaixo do limite de detecção analítico do laboratório nos demais poços;
- Tetracloroetano (PCE) – PM-02, PM-03, PM-04 e PM-05. Abaixo do valor orientador no PM-01, PM-06, PM-07 e PM-09, e abaixo do limite de detecção analítico do laboratório nos demais poços;

## 6.7. Delimitação das Plumas de Contaminação

### 6.7.1. Solos

No caso das análises das amostras de solo, foram geradas as distribuições no solo dos seguintes elementos: Bário, Cádmio, Cromo, Níquel e Zinco.

Na **Figura 8** é apresentado o mapa de distribuição da contaminação no solo o Cádmio (único composto que apresentou concentração superior ao valor máximo estabelecido pelo CMEA), gerado a partir dos dados obtidos nas análises químicas das amostras de solo. As distribuições dos demais compostos podem ser observadas no **Anexo IV**.

Para delimitação das distribuições, ressalta-se que foram utilizados os valores da CETESB 2005 para solos de uso industrial.

O Bário apresenta somente um foco de contaminação (S-13) e a distribuição encontra-se restrita a esta sondagem. Os metais Cádmio e Zinco apresentam foco principal na S-04.

As distribuições de Cromo e Níquel apresentam dois focos principais: para Cromo, S-04 e S-11, e para Níquel S-12 e ST-03. A maior concentração de Cromo foi encontrada na S-11, sendo a S-04 foco secundário. O Níquel ocorre em maior concentração na ST-03, realizada na campanha atual, e tem como foco secundário a S-12. Ambas as distribuições apresentam-se totalmente delimitadas, e restritas aos seus focos.







### 6.7.2. Águas Subterrâneas

Nas **Figuras 9 e 10** são apresentados os mapas de isoconcentrações para as plumas de Cobalto e Cromo VI (únicos compostos que apresentaram concentrações superiores aos valores máximos estabelecidos pelo CMEA), respectivamente, gerados a partir dos dados obtidos nas análises químicas das amostras de água subterrânea.

De acordo com a **Figura 9**, observa-se que a pluma de cobalto encontra-se amplamente distribuída, ultrapassando os limites da área ao norte, sul, leste e oeste. No entanto, pode-se verificar que os focos da pluma estão bem delimitados no entorno do PM-05 e PM-04. Apesar da pluma não estar totalmente delimitada, verifica-se que as concentrações dos poços do entorno são relativamente baixas, variando de 0,037 mg/L a 0,003 mg/L, pouco acima do valor orientador (0,005 mg/L) e CMEA (0,0017 mg/L). Desta forma, pode-se considerar que apesar dos poços instalados para delimitação da pluma terem apresentado concentrações acima dos valores orientadores e/ou CMEA, a pluma está praticamente delimitada.

Já a pluma de cromo hexavalente (**Figura 10**) a pluma foi delimitada pelo valor orientador (0,11 mg/L) em todas as porções, inclusive à jusante. No que concerne à delimitação pelo CMEA, foi delimitada nas porções norte, sul e leste, não sendo delimitada somente à jusante, pois o poço PM-15 (0,057 mg/L) apresentou concentração acima do CMEA (0,034 mg/L). Observa-se que o foco da pluma, está no entorno do PM-02.

No **Anexo IV**, são apresentadas as plumas dos compostos voláteis e dos metais Arsênio e Chumbo (que apresentam maiores impactos à saúde), como exemplificação dos trabalhos de delimitação da contaminação realizados neste trabalho, muito embora as simulações de risco não tenham apresentado resultados relevantes para os mesmos.

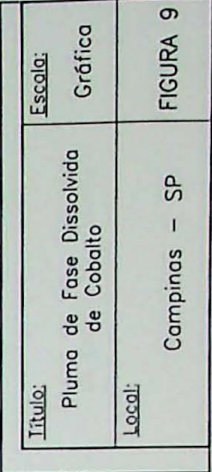
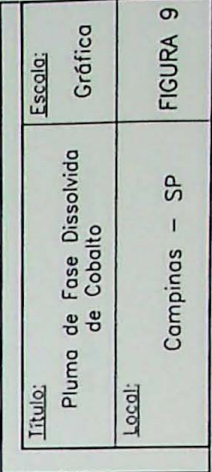
Observando-se as concentrações obtidas nas análises percebe-se que o poço de monitoramento PM-04 é o principal foco de contaminação para os elementos e compostos: Alumínio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Ferro, Níquel, Zinco e cis-1,2-Dicloroeteno.

Este poço de monitoramento também é foco da contaminação de Tetracloroeteno (PCE), que ocorre em concentrações mais elevadas também no PM-02, apresentando assim dois focos principais.

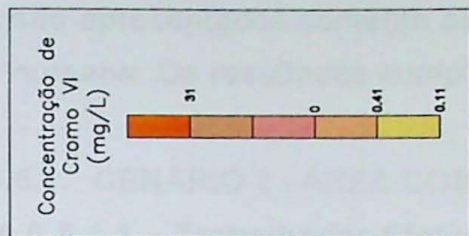
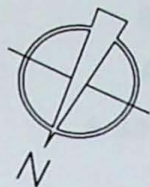
O poço de monitoramento PM-05 apresenta as concentrações mais elevadas de Cromo total e hexavalente, Manganês e Antimônio.

As concentrações de Bário apresentam maior concentração no poço PM-07, locado na porção oeste-sudoeste da área, e sua distribuição não pode ser totalmente delimitada.





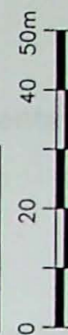




**Legenda:**

- PM-01
  - PM-10
  - Linha Equipotencial
  - Sentido de Fluxo
- Poços de Monitoramento Instalados Anteriormente
- Poços de Monitoramento Instalados na Investigação Detalhada

**Escala Gráfica:**



|                                                          |  |                    |
|----------------------------------------------------------|--|--------------------|
| Título:<br>Pluma de Fase Dissolvida de Cromo Hexavalente |  | Escala:<br>Gráfica |
| Local:<br>Campinas - SP                                  |  | FIGURA 10          |





## 6.8. Resultados da Análise de Risco

Aqui são apresentados somente os resultados dos cenários que apresentaram risco à saúde humana. Os resultados completos encontram-se no **Anexo V**.

### 6.8.1. CENÁRIO 2 - ÁREA COMERCIAL – AMBIENTE ABERTO

**TABELA 6.8.1.1 – Trabalhador Efetivo – Inalação de Vapores a Partir do Solo em Ambiente Aberto, Ingestão e Contato Dermal de Solo Superficial.**

| COMPOSTO | Fator de Risco Considerado | Contato Dermal | Ingestão | TOTAL 2 |
|----------|----------------------------|----------------|----------|---------|
| Cádmio   | 1.0E-05 (C)                | 1.5E-06        | 7.7E-05  | 7.9E-05 |

### 6.8.2. CENÁRIO 3 - ÁREA COMERCIAL - AMBIENTE ABERTO

**TABELA 6.8.2.1 – Trabalhadores Temporários – Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea em Ambiente Aberto e Contato Dermal com a Água Subterrânea.**

| COMPOSTO | Fator de Risco Considerado | Inalação em ambiente aberto | Contato Dermal | TOTAL 1 |
|----------|----------------------------|-----------------------------|----------------|---------|
| Cromo VI | 1.0E-05 (C)                | 0.0E+00                     | 3.6E-04        | 3.6E-04 |
| Cobalto  |                            | 0.0E+00                     | 8.3E-03        | 8.3E-03 |

### 6.8.3. CENÁRIO 4 – ÁREA COMERCIAL - AMBIENTE FECHADO

**TABELA 6.8.3.1 – Trabalhador Efetivo Vizinho – Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea, Ingestão, Inalação de Vapores em Banho e Contato Dermal.**

| COMPOSTO | Fator de Risco Considerado | Inalação em ambiente fechado | Ingestão | Contato Dermal | Inalação em Banho | TOTAL   |
|----------|----------------------------|------------------------------|----------|----------------|-------------------|---------|
| Cobalto  | 1.0E-05 (C)                | 0.0E+00                      | 2.8E-05  | 1.4E-05        | 0.0E+00           | 4.2E-05 |

### 6.8.4. CENÁRIO 5 – ÁREA RESIDENCIAL - AMBIENTE FECHADO

**TABELA 6.8.4.1 – Morador Criança – Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea, Ingestão, Inalação de Vapores em Banho e Contato Dermal.**

| COMPOSTO | Fator de Risco Considerado | Inalação em ambiente fechado | Ingestão | Contato Dermal | Inalação em Banho | TOTAL   |
|----------|----------------------------|------------------------------|----------|----------------|-------------------|---------|
| Cromo VI | 1.0E-05 (C)                | 0.0E+00                      | 9.7E-06  | 1.8E-06        | 0.0E+00           | 1.1E-05 |
| Cobalto  |                            | 0.0E+00                      | 4.8E-05  | 6.8E-05        | 0.0E+00           | 1.2E-04 |

**TABELA 6.8.4.2 – Morador Adulto – Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea, Ingestão, Inalação de Vapores em Banho e Contato Dermal.**

| COMPOSTO | Fator de Risco Considerado | Inalação em ambiente fechado | Ingestão | Contato Dermal | Inalação em Banho | TOTAL   |
|----------|----------------------------|------------------------------|----------|----------------|-------------------|---------|
| Cobalto  | 1.0E-05 (C)                | 0.0E+00                      | 2.4E-05  | 3.8E-05        | 0.0E+00           | 6.2E-05 |



### 6.9. Concentrações Meta Específicas da Área (CMEA)

As Concentrações Meta Específicas para a Área (CMEA, ou SSTL, na versão inglesa) se referem às concentrações máximas permitidas, de cada composto químico de interesse, que devem ser alcançadas para que os riscos deixem de existir.

Foi encontrado risco à saúde humana para os Cenários 2, 3, 4 e 5 avaliados, para os receptores trabalhador efetivo, trabalhador temporário, trabalhador efetivo vizinho e morador residencial criança e adulto, respectivamente. Portanto foi realizado o cálculo das CMEA para estes cenários.

Nas Tabelas 6.9.1 e 6.9.2 abaixo, podem ser observados os valores máximos alcançados no local, comparados com os valores mais restritivos encontrados pelas CMEA calculadas, para a água subterrânea e solo, no Cenário 3 e Cenário 2, respectivamente.

**TABELA 6.9.1 - Valores máximos encontrados, valores máximos admitidos na área para água subterrânea (CMEA, em mg/L) no Cenário 3.**

| COMPOSTO              | Concentração máxima encontrada (mg/L) | Solubilidade química (mg/L) | Valor máximo permitido (CMEA) (mg/L) |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Alumínio              | 3.6E+02                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Antimônio             | 8.5E-01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Arsênio               | 2.0E-01                               | 3.5E+04                     | 9.5E+01                              |
| Bário                 | 1.8E+00                               | 5.0E+01*                    | 5.0E+01*                             |
| Cádmio                | 6.3E-02                               | 1.2E+05                     | 5.70E+01                             |
| Cromo III             | 4.8E+01                               | 1.7E+06*                    | 1.7E+06*                             |
| Cromo VI              | <b>1.2E+00</b>                        | 1.7E+06                     | <b>3.4E-02</b>                       |
| Cobalto               | <b>9.8E-01</b>                        | 1.0E+05                     | <b>1.7E-03</b>                       |
| Cobre                 | 2.6E+02                               | 4.2E+05                     | 1.3E+05                              |
| Ferro                 | 2.3E+00                               | 1.5E+03*                    | 1.5E+03*                             |
| Chumbo                | 3.9E-01                               | 3.0E+03                     | 1.2E+03                              |
| Manganês              | 7.3E+00                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Níquel                | 6.1E+02                               | 1.7E+05*                    | 1.7E+05*                             |
| Zinco                 | 6.6E+01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Cis-1,2-Dicloroeteno  | 1.3E-01                               | 3.5E+03                     | 2.1E+02                              |
| Tetracloroeteno (PCE) | 1.9E-01                               | 2.0E+02                     | 4.4E-01                              |

\* O valor CMEA foi igualado ao limite de solubilidade, que não pode ser excedido

**TABELA 6.9.2 - Valores máximos encontrados, valores máximos admitidos na área para solo (CMEA, em mg/kg) no Cenário 2.**

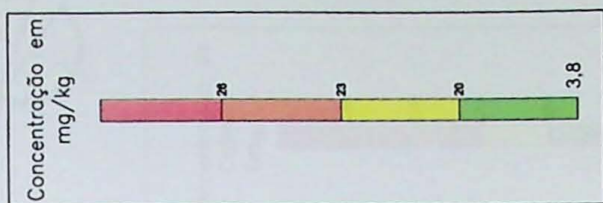
| COMPOSTO  | Concentração máxima encontrada (mg/kg) | Solubilidade química (mg/kg) | Valor máximo permitido (CMEA) (mg/kg) |
|-----------|----------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Bário     | 8.60E+02                               | 5.00E+01                     | 9.50E+04                              |
| Cádmio    | <b>3.00E+01</b>                        | 1.20E+05                     | <b>3.80E+00</b>                       |
| Cromo III | 1.20E+03                               | 1.70E+06                     | 1.00E+06                              |
| Níquel    | 3.00E+02                               | 1.70E+05                     | 3.20E+04                              |
| Zinco     | 2.30E+03                               | 1.00E+03                     | 4.10E+05                              |



Os compostos que apresentaram necessidade efetiva de redução foram o Cromo VI e Cobalto na água subterrânea, responsáveis pelo risco gerado nos Cenários 3, 4 e 5; e o Cádmio no solo, responsável pelo risco gerado no Cenário 2.

Desta forma foram geradas, com os valores calculados do CMEA, a delimitação para as plumas de Cromo VI e Cobalto para a água subterrânea e a distribuição de Cádmio para o solo. Essas delimitações estão representadas nas **Figuras 11, 12 e 13**.

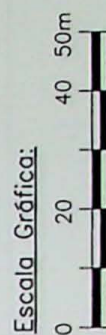




Legenda:

### Amostragem de Solo Executada Anteriormente

ST-01  Amostragem de Solo Atual



|                                                         |                           |
|---------------------------------------------------------|---------------------------|
| <u>Título:</u><br>Distribuição de Cádmio no Solo - CMEA | <u>Escola:</u><br>Gráfica |
| <u>Local:</u><br>Campinas - SP                          | <b>FIGURA 11</b>          |











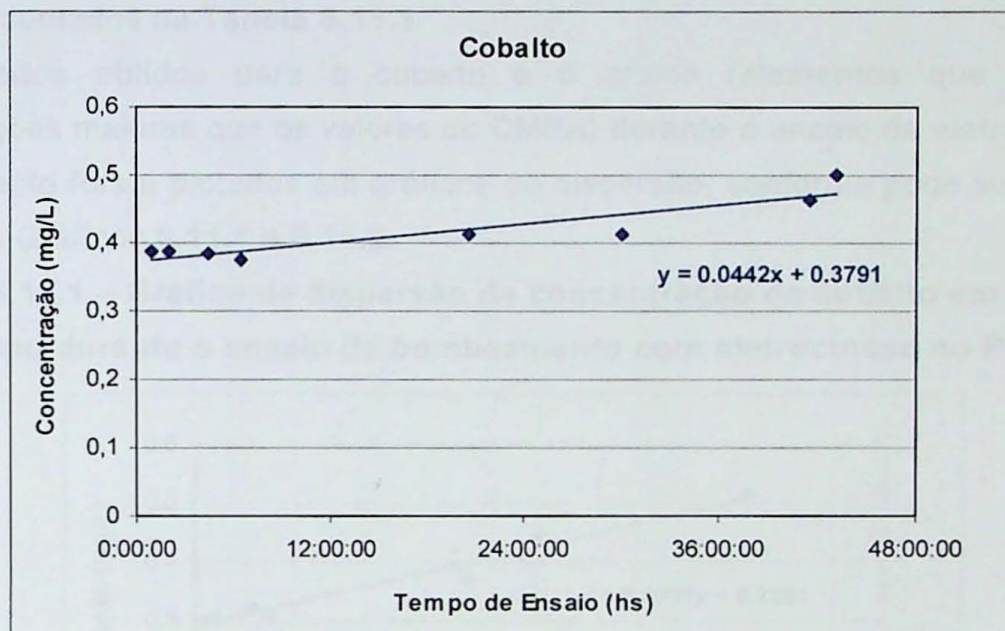


### 6.10. Resultados Analíticos do Ensaio de Bombeamento Simples

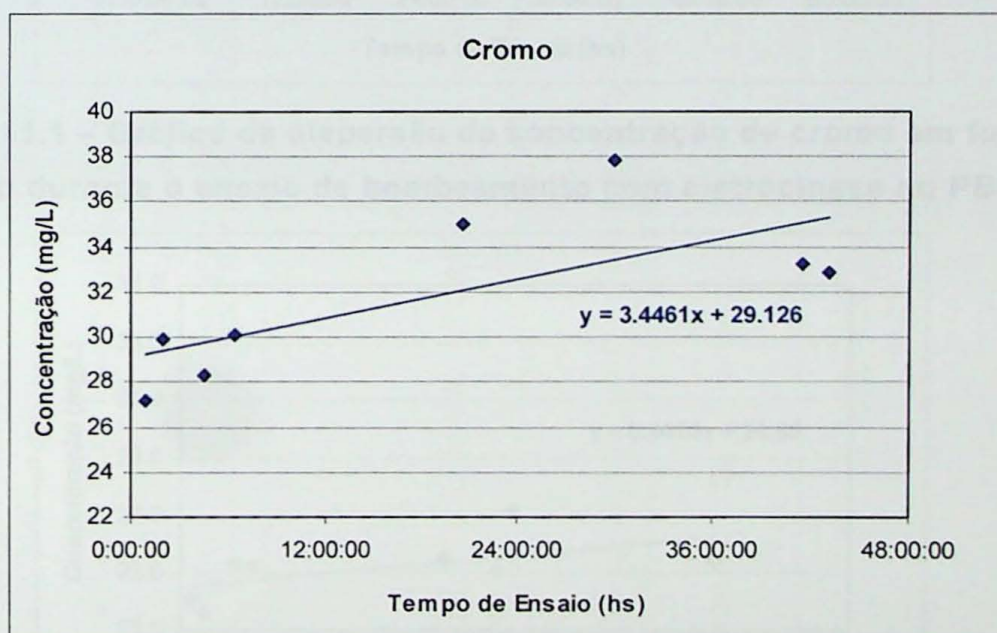
As amostras foram destinadas à análise de Cromo e Cobalto, para deste modo avaliar a existência de variações de concentração ao longo do bombeamento e conseqüentemente a eficiência do sistema. Os resultados analíticos encontram-se descritos na **Tabela 6.10.1**.

Os resultados obtidos durante o ensaio foram plotados em gráficos de dispersão, conforme pode ser observado abaixo nos **Gráficos 6.10.1 e 6.10.2**.

**Gráfico 6.10.1 – Gráfico de dispersão das concentrações de cobalto em função do tempo durante o ensaio de bombeamento no PB-01.**



**Gráfico 6.10.2 – Gráfico de dispersão da concentrações de cromo em função do tempo durante o ensaio de bombeamento no PB-01.**





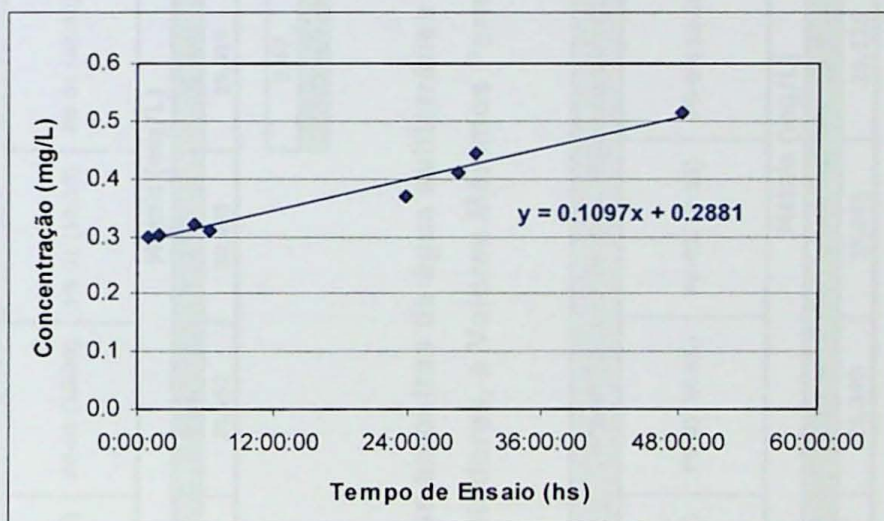
A observação dos gráficos indica que de forma geral houve um aumento nas concentrações de ambos os elementos na água subterrânea durante o ensaio. No entanto, com relação ao cromo, é possível observar que as duas últimas concentrações observadas indicam uma possível redução na eficiência do bombeamento para este elemento depois de um tempo maior de bombeamento.

#### 6.11. Resultados Analíticos do Ensaio de Bombeamento com Eletrocinese

As coletas realizadas durante o ensaio foram destinadas à análise de Cobalto e Cromo. Os resultados das análises químicas do ensaio de Bombeamento com Eletrocinese estão apresentados na **Tabela 6.11.1**.

Os resultados obtidos para o cobalto e o cromo (elementos que apresentam concentrações maiores que os valores do CMEA) durante o ensaio de eletrocinese com bombeamento foram plotados em gráficos de dispersão, conforme pode ser observado abaixo nos Gráficos 6.11.1 e 6.11.2.

**Gráfico 6.11.1 – Gráfico de dispersão da concentração de cobalto em função do tempo durante o ensaio de bombeamento com eletrocinese no PB-01.**



**Gráfico 6.11.2 – Gráfico de dispersão da concentração de cromo em função do tempo durante o ensaio de bombeamento com eletrocinese no PB-01.**

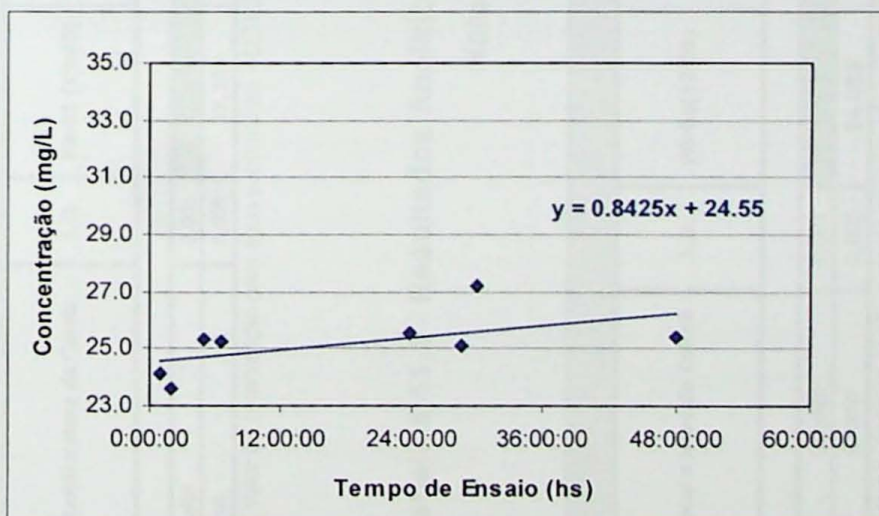




Tabela 6.10.1 - Resultados Analíticos para as amostras de água subterrânea durante o ensaio de bombeamento, Valores Orientadores, e Valores Máximos Permitidos (CMEA) em mg/L

| Durante o Ensaio de Bombeamento                                |       |               |               |               |               |               |               |                                  |               |                               |                      |
|----------------------------------------------------------------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------------|---------------|-------------------------------|----------------------|
| Local e Hora da Coleta                                         | L.D.  | PB-01 (13:00) | PB-01 (14:00) | PB-01 (16:30) | PB-01 (18:30) | PB-01 (08:40) | PB-01 (18:00) | PB-01 (09:30)                    | PB-01 (11:10) | Valor Máximo Permitido (CMEA) | Valor Orientador     |
| Metais (mg/L)                                                  |       |               |               |               |               |               |               |                                  |               |                               |                      |
| Cobalto                                                        | 0,001 | 0,388         | 0,387         | 0,385         | 0,376         | 0,412         | 0,412         | 0,462                            | 0,501         | 0,0017                        | 0,005 <sup>(1)</sup> |
| Cromo                                                          | 0,005 | 27,208        | 29,907        | 28,352        | 30,093        | 35,019        | 37,814        | 33,204                           | 32,857        | -                             | 0,05 <sup>(1)</sup>  |
| (1) Valor de Intervenção para água subterrânea - CETESB (2005) |       |               |               |               |               |               |               |                                  |               |                               |                      |
|                                                                |       |               |               |               |               | 5,47          |               | Concentração somente acima do VO |               |                               |                      |
|                                                                |       |               |               |               |               | 0,277         |               | Concentração acima do VO e CMEA  |               |                               |                      |

Tabela 6.11.1 - Resultados Analíticos para as amostras de água subterrânea durante o ensaio de Bombeamento com Eletrocinese, Valores Orientadores, e Valores Máximos Permitidos (CMEA) em mg/L

| Durante o Ensaio de Bombeamento com Eletrocinese               |       |              |              |              |              |              |              |              |              |                               |                      |
|----------------------------------------------------------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------|----------------------|
| Local e Hora da Coleta                                         | L.D.  | PB-01(12:05) | PB-01(13:05) | PB-01(16:05) | PB-01(17:35) | PB-01(10:50) | PB-01(15:30) | PB-01(17:00) | PB-01(11:10) | Valor Máximo Permitido (CMEA) | Valores Orientadores |
| Metais (mg/L)                                                  |       |              |              |              |              |              |              |              |              |                               |                      |
| Cobalto                                                        | 0,001 | 0,299        | 0,302        | 0,319        | 0,309        | 0,369        | 0,41         | 0,445        | 0,515        | 0,0017                        | 0,005 <sup>(1)</sup> |
| Cromo                                                          | 0,005 | 24,088       | 23,634       | 25,340       | 25,245       | 25,525       | 25,090       | 27,199       | 25,373       | -                             | 0,05 <sup>(1)</sup>  |
| (1) Valor de Intervenção para água subterrânea - CETESB (2005) |       |              |              |              |              |              |              |              |              |                               |                      |
| Concentração somente acima do VO                               |       |              |              |              |              |              |              |              |              |                               |                      |
| Concentração acima do VO e CMEA                                |       |              |              |              |              |              |              |              |              |                               |                      |



A observação dos gráficos indica que de forma geral houve um aumento nas concentrações de cobalto na água subterrânea durante o ensaio de eletrocinese com bombeamento, aumentando linearmente com o decorrer do ensaio. Para o cromo é possível observar apenas pequenas variações positivas.

A maior inclinação da reta para o cobalto em relação ao bombeamento simples (como indicado pelo coeficiente da equação) reflete o incremento de sua remoção pelo uso da eletrocinese. Embora o cromo não demonstre o mesmo incremento, a deposição deste metal no eletrodo também confirma uma maior remoção pelo método.

#### 6.12. Resultados Analíticos do Resíduo Sólido Retirado do Eletrodo Negativo

Após o término do ensaio de eletrocinese com bombeamento, o eletrodo de grafite negativo (cátodo) foi retirado do poço de bombeamento PB-01. O material que ficou impregnado no eletrodo foi removido, pesado e enviado para análise química de metais totais, Cromo VI e peso seco.

Foram enviados 40g de material removido do eletrodo de grafite para as análises químicas.

Os resultados analíticos encontram-se descritos na Tabela 7.12.1.

**Tabela 6.12.1 - Resultados Analíticos para a amostra de resíduo sólido impregnado no eletrodo de grafite negativo, em mg/kg.**

| Parâmetro (mg/kg) |      |        |
|-------------------|------|--------|
| Alumínio          | 10   | 90835  |
| Antimônio         | 0,5  | 81,3   |
| Arsênio           | 0,5  | 21,2   |
| Bário             | 10   | 61     |
| Berílio           | 2    | 15     |
| Cádmio            | 0,2  | 35,1   |
| Chumbo            | 0,4  | 11,0   |
| Cobalto           | 5    | 36     |
| Cobre             | 2    | 177912 |
| Cromo             | 2    | 12672  |
| Cromo VI          | 0,5  | 109,4  |
| Ferro             | 5    | 228    |
| Manganês          | 2    | 2432   |
| Mercurio          | 0,02 | nd     |
| Níquel            | 2    | 144420 |
| Selênio           | 2    | 5      |
| Titânio           | 10   | 15     |
| Zinco             | 0,4  | 4774   |
| Parâmetro (%)     |      |        |
| Peso Seco         | -    | 40,7   |

Os resultados analíticos foram obtidos a partir da amostra seca.



Ressalta-se que o parâmetro peso seco representa a porcentagem de material seco presente na amostra enviada. Dessa forma, dos 40g enviados para a análise, 16,28g (40,7%) eram material sólido e 23,72g (49,3%) eram água.

A partir desses resultados, pode ser observado que embora alguns compostos aparentemente sofram redução em sua concentração na água subterrânea (como o Cromo), grande quantidade de massa está na verdade precipitando sobre o eletrodo ao invés de permanecer em solução na água.

## **7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Os resultados obtidos no ensaio de bombeamento indicam que de forma geral houve um aumento nas concentrações de cobalto e cromo na água subterrânea bombeada durante o ensaio. No entanto, com relação ao cromo, é possível observar que as duas últimas concentrações detectadas indicam uma possível redução na eficiência do bombeamento para este elemento, o que provavelmente ocorre devido à dificuldade de carreamento desse metal até o poço. Tal fato deve ocorrer devido à forte interação que o solo possui com os metais (sorção), o que dificulta o carreamento desses contaminantes até os poços de bombeamento. O bombeamento pode se mostrar eficiente no início, mas com o tempo, conforme a água mais contaminada, situada nas adjacências, é bombeada, a eficiência do sistema diminui.

Para o ensaio de bombeamento associado à eletrocinese, os resultados indicam que o método, a princípio, mostra-se mais eficaz para o cobalto. Segundo os resultados, ocorre um aumento na remoção de cobalto na água subterrânea bombeada. Para o cromo foram observadas apenas pequenas variações positivas e negativas de concentrações para o cromo na água subterrânea. Entretanto, as variações negativas na concentração podem ser causadas por uma mais rápida deposição do metal sobre o eletrodo, ao invés de permanecer em solução na água.

Apesar das concentrações de cromo no ensaio de bombeamento com eletrocinese não apresentarem uma grande tendência de subida, as concentrações apresentaram apenas pequenas oscilações durante todo o ensaio, ao contrário do bombeamento, onde se verificou uma queda na concentração desse elemento nas duas últimas amostragens de água subterrânea do ensaio.

Há vários fatores que podem afetar o comportamento de cada metal no ensaio de bombeamento com eletrocinese, como o ponto de bombeamento ser ou não o foco da pluma, a mobilidade do metal e a interação do elemento com o solo.

Quando o bombeamento se dá no foco principal da pluma de contaminação, é de se esperar que no início a concentração de contaminante na água recuperada seja alta, e vá diminuindo com o tempo, ao passo que a porção mais contaminada vai sendo retirada e substituída pela água do entorno, menos contaminada, gradativamente.



Quando comparados os resultados das amostras de água subterrânea coletadas no ensaio de bombeamento associado à eletrocinese com o resultado da análise dos resíduos sólidos do eletrodo negativo (cátodo), pode-se notar que há uma maior deposição de Cromo e Cromo VI em relação ao Cobalto. Isso indica que apesar das baixas concentrações de Cromo na água subterrânea durante o ensaio, este elemento foi significativamente removido através da deposição no eletrodo de grafite.

O valor mais alto de Cromo total em relação ao Cromo hexavalente pode indicar a redução do  $\text{Cr}^{6+}$  (em solução) ao se precipitar no eletrodo como  $\text{Cr}^{3+}$  ou  $\text{Cr}^0$ . Fato ainda reforçado pela comparação da proporção entre as concentrações de cromo total e cromo hexavalente na água subterrânea (34:1) e no resíduo do eletrodo (115:1).

Para verificar a recuperação de cada metal no eletrodo foi realizada a comparação entre a quantidade de metal bombeado durante todo o ensaio e o que foi retido no eletrodo. Para tanto foi calculada a concentração média para cada metal na água subterrânea durante o bombeamento e multiplicada pelo total de água bombeada, adquirindo-se o total de cada metal que esteve em contato com o eletrodo. A partir disso foi estimada a quantidade real retida no eletrodo para cada elemento nos 16,28g de amostra seca e assim obteve-se a porcentagem de recuperação para cada um. A **Tabela 8.1** apresenta os resultados da porcentagem recuperada no eletrodo de grafite.

**Tabela 7.1 – Porcentagem de metais recuperada no eletrodo de grafite.**

| Parâmetro | Resultado Analítico (mg/kg) | Quantidade Absoluta (mg) | Recuperação (%) |
|-----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
| Cromo VI  | 109,40                      | 1,78                     | *               |
| Cobalto   | 36                          | 0,59                     | 0,04            |
| Cromo     | 12672                       | 206,30                   | 0,21            |

\* Parâmetro não analisado na água subterrânea no ensaio.

Destaca-se que o Cobalto apresentou concentração baixa no eletrodo (36 mg/kg) e aumento na concentração na água subterrânea. Já o Cromo apresentou concentração mais alta no eletrodo (12672 mg/kg) e concentração sem grandes variações na água subterrânea.



## 8. CONCLUSÕES

A comparação entre os resultados das duas técnicas de remediação indicou que para o cobalto, a eletrocinese associada ao bombeamento é nitidamente mais eficaz que o bombeamento simples, podendo-se recuperar esse elemento com maior eficiência através do bombeamento da água subterrânea associado à eletrocinese.

A maior inclinação da reta para a recuperação de cobalto no bombeamento com eletrocinese em relação ao bombeamento simples reflete o incremento de sua remoção pelo uso deste método.

Apesar das concentrações de cromo no ensaio de bombeamento com eletrocinese não apresentarem uma grande tendência de subida, as concentrações apresentaram apenas pequenas oscilações durante todo o ensaio, ao contrário do bombeamento, onde se verificou uma queda na concentração desse elemento nas duas últimas amostragens de água subterrânea do ensaio.

Mesmo o cromo não demonstrando o mesmo incremento de concentração na água subterrânea bombeada, a deposição deste metal no eletrodo também confirma uma maior remoção pelo método de remediação eletrocinética, devendo-se nesse caso adaptar o sistema para que possa ser realizada a remoção dos eletrodos negativos periodicamente, realizando-se a remoção do material depositado.

Embora os resultados sejam indicativos de que a remediação por bombeamento associado à eletrocinese é mais eficiente na remoção dos metais pesados, seja pelo aumento na concentração de um composto na água subterrânea bombeada ou pela deposição no eletrodo, ainda é necessária a realização de estudos mais detalhados, com o controle dos parâmetros físico-químicos da água subterrânea e um estudo mais detalhado da composição mineralógica do solo, para a confirmação dos resultados iniciais aqui apresentados.

É importante ressaltar que nos trabalhos de investigação detalhada apresentados nessa investigação e tratamento, o foco foi direcionado para a contaminação no solo e na água subterrânea por compostos que apresentaram risco à saúde humana para os trabalhadores e moradores vizinhos. No entanto a área investigada ainda é alvo de estudos, pela empresa e pelo aluno autor deste TF, para completa delimitação da contaminação pelos compostos que apresentaram concentrações acima dos valores orientadores, refinando-se assim as avaliações sobre os cenários e simulações de risco realizadas até o presente momento.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA A. *Avaliação do Potencial de Recuperação de Metais de Catalisadores Equilibrados Através da Técnica de Remediação Eletrocinética*. 2005. 124f. Dissertação de Mestrado. Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná – Curitiba, Brasil.

BTX Geologia e Meio Ambiente Ltda. Relatório Técnico - Investigação Ambiental Exploratória (Confirmatória). 2006.

CETESB *Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas: Investigação Detalhada*. 2004. – CETESB – GTZ, 2ª Ed, São Paulo, Brasil.

CETESB *Valores Orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo. Anexo Único - Decisão da Diretoria no. 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005*. 2005. 4p. - CETESB/SMA, São Paulo, Brasil.

CETESB *Ações Corretivas Baseadas em Risco (ACBR) Aplicadas a Áreas Contaminadas com Hidrocarbonetos Derivados de Petróleo e Outros Combustíveis Líquidos – Procedimentos in: Decisão da Diretoria no. 10-2006-C de 26 de janeiro de 2006*. 2006. p. 40-139 - CETESB/SMA. Diário Oficial do Estado de São Paulo.

CETESB *Novos Procedimentos para o Licenciamento de Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis. Decisão da Diretoria 10-2006-C, de 26 de janeiro de 2006*. 2006. p. 40-139 - CETESB/SMA. Diário Oficial do Estado de São Paulo (11/2/2006).

FREEZE, R. A. & CHERRY, J. A. *Groundwater*. 1979. 604p. - Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

IPT Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT: 1981. 1 mapa, color. Escala 1:500.000.

PULS, R.W. and Barcelona, M. J. *Low-Flow (Minimal Drawdown) Ground-Water Sampling Procedures*. 1996. 17p. . U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office of Solid Waste and Emergency Response, USA.

U.S. EPA Region 1 *Low Stress (Low Flow) Purging and Sampling Procedure for The Collection of Ground Water Samples from Monitoring Wells*. 1996. U.S. Environmental Protection Agency Region 1, USA.

WALLMANN, P.C.. *Elektrokinetic remediation*. 1994. 5p. U.S. Department of Energy, DOE/EM-0138P, Office of Environmental Restoration and Waste Management, Office of Technology Development, Technology Catalogue.



YEUNG, A.T. and MENON, R.M. *Electrokinetic Remediation*. 1997. p 1078-1080. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.

U.S. EPA *Risk Assessment Guidance for Superfund - Volume I – Human Health Evaluation Manual (Parte A)*. 1989. U.S. Environmental Protection Agency Region 9, USA.

U.S. EPA Region 2 *Ground Water Sampling Procedure Low Stress (Low Flow) Purging and Sampling*. 1996. U.S. Environmental Protection Agency Region 2, USA.

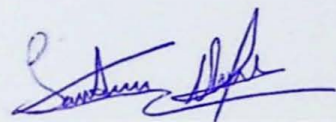
U.S. EPA Region 9 *Table Preliminary Remedial Goals (PRG's) User Guide's/Technical Background Document*. 2004. U.S. Environmental Protection Agency Region 9, USA.

## ANEXOS

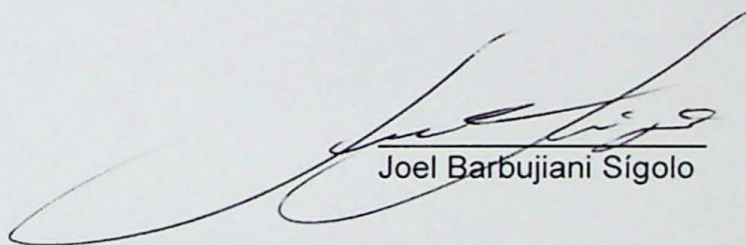
São Paulo, 10 de novembro de 2008

Respeitosamente,

De Acordo,



Fábio de Assis Mattos



Joel Barbujianni Sígolo



## ANEXOS

ANEXO I – PERFIS DESCRITIVOS DE SONDADES E INSTALAÇÃO DE POÇOS DE  
MONITORAMENTO



**ANEXO I – PERFIS DESCRITIVOS DE SONDAGEM E INSTALAÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO**



| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                        |           |                                      |                                                                                            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              | Data Sond.: 04/04/2008 |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                            |         |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              | Poço Nº: <b>PM-06</b>  |           |                                      |                                                                                            |         |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m) | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                                    |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 1         |                                      | ATERRO - Argila arenosa (areia fina a média), com detritos, vermelha.                      |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 2         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Argila areno-silteosa (areia fina), vermelha.  |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 3         |                                      |                                                                                            |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 4         |                                      |                                                                                            |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 5         |                                      |                                                                                            |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 6         |                                      |                                                                                            |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 7         |                                      |                                                                                            |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 8         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Silte arenoso (areia fina), micáceo, vermelho. |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 9         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Areia média, micacéa, cinza.                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 10        |                                      |                                                                                            |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 11        |                                      |                                                                                            |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 12        |                                      |                                                                                            |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 13        |                                      |                                                                                            |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 14        |                                      |                                                                                            |         |
| <b>Obs.:</b><br>Profundidade final: 12,36m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 10,30 m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 8,36m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 8,36 - 12,36m; Vão 0,00 - 0,10m; Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,50; Solo-cimento 0,50 - 7,40m; Selo de bentonita 7,40 - 7,80 m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 7,80 - 12,36m. |              |                        |           |                                      |                                                                                            |         |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        |           | Campinas - SP                        |                                                                                            |         |
| Projeto Nº:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                        |           | TF 19/2008                           |                                                                                            | Pag.: 1 |

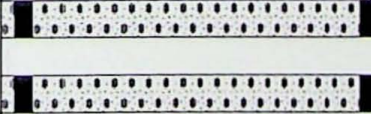
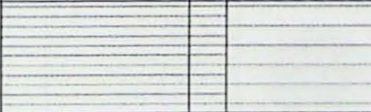
| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                        |           |                                      |                                                                                                        |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              | Data Sond.: 08/04/2008 |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                                        |         |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              | Poço Nº: <b>PM-07</b>  |           |                                      |                                                                                                        |         |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m) | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                                                |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 1         |                                      | ATERRO - Areia argilosa, com matéria orgânica, preto.                                                  |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 2         |                                      | ATERRO - Areia fina a média, silteosa, marrom-avermelhada.                                             |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 3         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Argila fina a média, silteosa, amarela.                    |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 4         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Areia argilosa, média, vermelha.                           |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 5         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Silte arenoso (areia fina), amarelo claro.                 |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 6         |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 7         |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 8         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Areia grossa, silteosa, micacéa e com fragmentos de rocha. |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 9         |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 10        |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 11        |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 12        |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 13        |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                        | 14        |                                      |                                                                                                        |         |
| Obs.:<br>Profundidade final: 12,00m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 9,80m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 8,00m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 8,00 - 12,00m; Concreto 0,00 - 0,10m; Proteção Sanitária: 0,10 - 0,20; Solo-cimento 0,20 - 6,60m; Selo de bentonita 6,60 - 7,20 m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 7,20 - 12,00m. |              |                        |           |                                      |                                                                                                        |         |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        |           | Campinas - SP                        |                                                                                                        |         |
| Projeto Nº:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        |           | TF 19/2008                           |                                                                                                        | Pag.: 1 |



| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              |                        |           |                                      |                                                                                                            |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              | Data Sond.: 10/04/2008 |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                                            |  |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              | Poço Nº: PM-08         |           |                                      |                                                                                                            |  |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m) | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                                                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 1         |                                      | ATERRO - Areia fina a média, argilosa, com entulho, vermelho.                                              |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 2         |                                      | ATERRO - Argila silteosa, arenosa, micácea, vermelha.                                                      |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 3         |                                      |                                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 4         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Silte arenoso (areia média), micáceo, marrom e cinza.         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 5         |                                      |                                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 6         |                                      |                                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 7         |                                      |                                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 8         |                                      |                                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 9         |                                      |                                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 10        |                                      |                                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 11        |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Areia fina a grossa, pouco argilosa, micácea, cinza e marrom. |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 12        |                                      |                                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 13        |                                      |                                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 14        |                                      |                                                                                                            |  |
| Obs.:<br>Profundidade final: 12,05m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 9,90m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 8,05m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 8,05 - 12,00m; Concreto 0,00 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,60; Solo-cimento: 0,60 - 6,40m; Selo de bentonita 6,40 - 7,10 m;<br>Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 7,10 - 12,05m. |              |                        |           |                                      |                                                                                                            |  |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                        |           |                                      | Campinas - SP                                                                                              |  |
| Projeto Nº:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |                        |           | TF 19/2008                           | Pag.: 1                                                                                                    |  |

| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |              |                        |                                                                         |                                      |                                                                                                                                                                                                        |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |              | Data Sond.: 15/04/2008 |                                                                         | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                                                                                                                                        |  |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |              | Poço Nº: PM-09         |                                                                         |                                      |                                                                                                                                                                                                        |  |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m)                                                               | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                                                                                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |                        | 1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br>8<br>9<br>10<br>11<br>12<br>13<br>14 |                                      | ATERRO - Silte arenoso (areia média a grossa), amarelo-claro.<br>SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Silte arenoso (areia fina a média), micácea, variegado, vermelho claro, cinza e amarelo. |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |                        |                                                                         |                                      |                                                                                                                                                                                                        |  |
| Obs.:<br>Profundidade final: 7,00m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 4,85m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 4,00m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 4,00 - 7,00m; Concreto 0,00 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,60; Solo-cimento: 0,60 - 2,50m; Selo de bentonita 2,50 - 3,20 m;<br>Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 3,20 - 7,00m. |              |                        |                                                                         |                                      |                                                                                                                                                                                                        |  |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        |                                                                         |                                      | Campinas - SP                                                                                                                                                                                          |  |
| Projeto Nº:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        |                                                                         | TF 19/2008                           | Pag.: 1                                                                                                                                                                                                |  |



| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                                                                                     |           |                                                                                     |                                                                                                 |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              | Data Sond.: 18/04/2008                                                              |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008                                                |                                                                                                 |  |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              | Poço Nº: <b>PM-10</b>                                                               |           |                                                                                     |                                                                                                 |  |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Nível d'Água | Perfil Construtivo                                                                  | Prof. (m) | Perfil Geológico                                                                    | Descrição dos Materiais                                                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |  | 1         |  | ATERRO - Argila arenosa (areia fina a média), vermelha-clara com porções amarelas.              |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 2         |                                                                                     |                                                                                                 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 3         |                                                                                     |                                                                                                 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 4         |                                                                                     |                                                                                                 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 5         |                                                                                     | ATERRO - Areia argilosa (areia média a grossa), cinza escura e preta.                           |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 6         |                                                                                     | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Silte arenoso (areia média a grossa), vermelho.     |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 7         |                                                                                     | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Areia média a grossa, silte, cinza clara e amarela. |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 8         |                                                                                     |                                                                                                 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 9         |                                                                                     |                                                                                                 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 10        |                                                                                     |                                                                                                 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 11        |                                                                                     |                                                                                                 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 12        |                                                                                     |                                                                                                 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 13        |                                                                                     |                                                                                                 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                                                                                     | 14        |                                                                                     |                                                                                                 |  |
| <b>Obs.:</b><br>Profundidade final: 11,00m;<br>1º Nível d'água encontrado (25/01/2007) = 9,20m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 7,00m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 7,00 - 11,00m; Concreto 0,00 - 0,20m; Proteção Sanitária 0,20 - 0,50; Solo-cimento 0,50 - 5,80m; Selo de bentonita 5,80 - 6,30 m;<br>Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 6,30 - 11,00m. |              |                                                                                     |           |                                                                                     |                                                                                                 |  |
| <b>Local:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                                                                                     |           |                                                                                     | Campinas - SP                                                                                   |  |
| Projeto Nº:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     |           | TF 19/2008                                                                          | Pag.: 1                                                                                         |  |

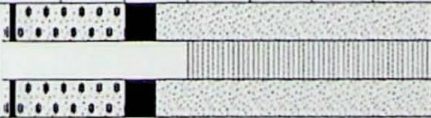
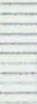
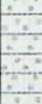
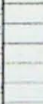
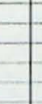
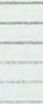
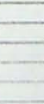
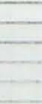
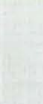
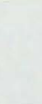
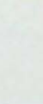
| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        |           |                                      |                                                                                   |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              | Data Sond.: 13/08/2008 |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                   |         |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              | Poço Nº: <b>PM-11</b>  |           |                                      |                                                                                   |         |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m) | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                           |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 1         |                                      | ATERRO - Argila areno-silteosa (areia média), vermelha.                           |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 2         |                                      |                                                                                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 3         |                                      |                                                                                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 4         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Silte arenoso (areia fina), vermelha. |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 5         |                                      |                                                                                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 6         |                                      |                                                                                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 7         |                                      |                                                                                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 8         |                                      |                                                                                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 9         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Areia fina a média micacéa, cinza.    |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 10        |                                      |                                                                                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 11        |                                      |                                                                                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 12        |                                      |                                                                                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 13        |                                      |                                                                                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |                        | 14        |                                      |                                                                                   |         |
| Obs.:<br>Profundidade final: 15,00m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 12,60 m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 11,00m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 11,00 - 15,00m; Vão 0,00 - 0,10m; Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária 0,20 - 0,40; Solo-cimento 0,40 - 10,00m; Selo de bentonita 10,00 - 10,50 m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 10,50 - 15,00m. |              |                        |           |                                      |                                                                                   |         |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                        |           | Campinas - SP                        |                                                                                   |         |
| Projeto Nº:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                        |           | TF 19/2008                           |                                                                                   | Pág.: 1 |

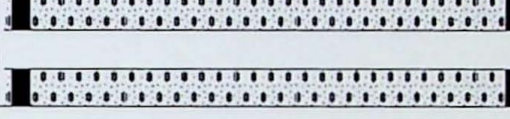


| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              |                        |           |                                      |                                                                                            |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              | Data Sond.: 13/08/2008 |           | Aluno:<br>Fabio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                            |  |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              | Poço N°: <b>PM-12</b>  |           |                                      |                                                                                            |  |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m) | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 1         |                                      | ATERRO - Argila arenosa (areia fina a média), com detritos, vermelha.                      |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 2         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Argila areno-silteosa (areia fina), vermelha. |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 3         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 4         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Silte arenoso (areia fina micacéa), vermelho. |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 5         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 6         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 7         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 8         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Areia fina a média micacéa, cinza.            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 9         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 10        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 11        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 12        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 13        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 14        |                                      |                                                                                            |  |
| <div>Obs.:</div> <div>Profundidade final: 13,60m;<br/>Nível d'água encontrado na perfuração = 12,05 m;<br/>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 9,60m;<br/>Tubo PVC Geomecânico Filtro 9,60 - 13,60m; Vão 0,00 - 0,10m; Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,40; Solo-cimento 0,50 - 8,40m; Selo de bentonita 8,40 - 9,00 m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 9,00 - 13,60m.</div> |              |                        |           |                                      |                                                                                            |  |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |              |                        |           | Campinas - SP                        |                                                                                            |  |
| Projeto N°:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |              |                        |           | TF 19/2008                           | Pag.: 1                                                                                    |  |

| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              |                        |           |                                      |                                                                                            |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              | Data Sond.: 13/08/2008 |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                            |  |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              | Poço N°: <b>PM-13</b>  |           |                                      |                                                                                            |  |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m) | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 1         |                                      | ATERRO - Argila arenosa (areia fina a média), com detritos, vermelha.                      |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 2         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaissos). Argila areno-silteosa (areia fina), vermelha. |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 3         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 4         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 5         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaissos). Silte arenoso (areia fina micacéa), vermelho. |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 6         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 7         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaissos). Areia fina a média micacéa, cinza.            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 8         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 9         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 10        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 11        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 12        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 13        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 14        |                                      |                                                                                            |  |
| Obs.:<br>Profundidade final: 12,00m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 10,00 m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 8,00m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 8,00 - 12,00m; Vão 0,00 - 0,10m; Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,40; Solo-cimento 0,40 - 6,80m; Selo de bentonita 6,80 - 7,20 m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 7,20 - 12,00m. |              |                        |           |                                      |                                                                                            |  |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                        |           |                                      | Campinas - SP                                                                              |  |
| Projeto N°:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |                        |           | TF 19/2008                           | Pag.: 1                                                                                    |  |



| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |                                                                                     |           |                                                                                     |                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              | Data Sond.: 14/08/2008                                                              |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008                                                |                                                                                                |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              | Poço Nº: <b>PM-14</b>                                                               |           |                                                                                     |                                                                                                |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Nível d'Água | Perfil Construtivo                                                                  | Prof. (m) | Perfil Geológico                                                                    | Descrição dos Materiais                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |  | 1         |  | ATERRO - Argila pouco arenosa (areia fina a média), com detritos, vermelha clara               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 2         |  | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Argila silte-arenosa (areia fina), marrom escura.  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 3         |  | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Argila silte-arenosa (areia fina), vermelha-clara. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 4         |  |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 5         |  | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Silte arenoso (areia fina a média), vermelho.      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 6         |  |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 7         |  | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Areia fina a média micacéa, cinza.                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 8         |  |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 9         |  |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 10        |  |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 11        |  |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 12        |  |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 13        |  |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |                                                                                     | 14        |  |                                                                                                |
| Obs.:<br>Profundidade final: 7,00m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 5,30 m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 3,00m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 3,00 - 7,00m; Vão 0,00 - 0,10m; Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,30; Solo-cimento 0,30 - 2,00m; Selo de entonita 2,00 - 2,50 m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 2,50 - 7,00m. |              |                                                                                     |           |                                                                                     |                                                                                                |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |                                                                                     |           | Campinas - SP                                                                       |                                                                                                |
| Projeto Nº:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |              |                                                                                     |           | TF 19/2008                                                                          | Pag.: 1                                                                                        |

| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              |                                                                                   |           |                                                                                   |                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              | Data Sond.: 14/08/2008                                                            |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008                                              |                                                                                                |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              | Poço Nº: <b>PM-15</b>                                                             |           |                                                                                   |                                                                                                |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Nível d'Água | Perfil Construtivo                                                                | Prof. (m) | Perfil Geológico                                                                  | Descrição dos Materiais                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |  | 1         |  | ATERRO - Argila areno-siltosa (areia fina a média), com detritos, vermelha.                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 2         |                                                                                   | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Argila areno-siltosa (areia fina), vermelha-clara. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 3         |                                                                                   |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 4         |                                                                                   |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 5         |                                                                                   |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 6         |                                                                                   | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Silte arenoso (areia fina a média), marrom-claro.  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 7         |                                                                                   |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 8         |                                                                                   |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 9         |                                                                                   | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Areia fina a média micacéa, cinza e marrom claro.  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 10        |                                                                                   |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 11        |                                                                                   |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 12        |                                                                                   |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 13        |                                                                                   |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   | 14        |                                                                                   |                                                                                                |
| <b>Obs.:</b><br>Profundidade final: 13,30m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 10,16 m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 9,30m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 9,30 - 13,30m; Vão 0,00 - 0,10m; Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,50; Solo-cimento 0,50 - 8,10m; Selo de entonita 8,10 - 8,70 m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 8,70 - 13,30m. |              |                                                                                   |           |                                                                                   |                                                                                                |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |              |                                                                                   |           | Campinas - SP                                                                     |                                                                                                |
| Projeto Nº:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |              |                                                                                   |           | TF 19/2008                                                                        |                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                                                                   |           | Pag.: 1                                                                           |                                                                                                |



| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |                        |           |                                      |                                                                                                             |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              | Data Sond.: 14/08/2008 |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                                             |  |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              | Poço Nº: <b>PM-16</b>  |           |                                      |                                                                                                             |  |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m) | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                                                     |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 1         |                                      | ATERRO - Argila areno-siliosa (areia fina a média), com detritos, vermelha.                                 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 2         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Argila areno-siliosa (areia fina), vermelha-clara.              |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 3         |                                      |                                                                                                             |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 4         |                                      |                                                                                                             |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 5         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Silte arenoso pouco argiloso (areia fina a média), vermelho.   |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 6         |                                      |                                                                                                             |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 7         |                                      |                                                                                                             |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 8         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Silte arenoso (areia fina a média, micacéa), cinza e vermelha. |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 9         |                                      |                                                                                                             |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 10        |                                      |                                                                                                             |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 11        |                                      |                                                                                                             |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 12        |                                      |                                                                                                             |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 13        |                                      |                                                                                                             |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        | 14        |                                      |                                                                                                             |  |
| <div>Obs.:<br/>Profundidade final: 13,50m;<br/>1º Nível d'água encontrado na perfuração = 11,60 m;<br/>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 9,50m;<br/>Tubo PVC Geomecânico Filtro 9,50 - 13,50m; Vão 0,00 - 0,10m; Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,50; Solo-cimento 0,50 - 8,60m; Solo de entonaia 8,60 - 8,90 m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 8,90 - 13,50m.</div> |              |                        |           |                                      |                                                                                                             |  |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |              |                        |           | Campinas - SP                        |                                                                                                             |  |
| Projeto Nº: TF 19/2008                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |              |                        |           | Pag.: 1                              |                                                                                                             |  |

| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              |                        |           |                                      |                                                                                            |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              | Data Sond.: 15/08/2008 |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                            |  |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              | Poço Nº: <b>PM-17</b>  |           |                                      |                                                                                            |  |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m) | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 1         |                                      | ATERRO - Argila arenosa (areia fina a média), com detritos, vermelha.                      |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 2         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Argila areno-siliosa (areia fina), vermelha.  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 3         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 4         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 5         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 6         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 7         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Silte arenoso (areia fina micacéa), vermelho. |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 8         |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 9         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Areia média micacéa, cinza.                   |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 10        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 11        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 12        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 13        |                                      |                                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |                        | 14        |                                      |                                                                                            |  |
| Obs.:<br>Profundidade final: 12,36m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 10,34 m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 8,36m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 8,36 - 12,36m; Vão 0,00 - 0,10m; Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,50; Solo-cimento 0,50 - 7,40m; Selo de bentonita 7,40 - 7,80 m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 7,80 - 12,36m. |              |                        |           |                                      |                                                                                            |  |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                        |           | Campinas - SP                        |                                                                                            |  |
| Projeto Nº: TF 19/2008                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                        |           | Pag: 1                               |                                                                                            |  |



| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              |                        |           |                                      |                                                                                                 |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              | Data Sond.: 18/07/2007 |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                                 |         |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              | Poço Nº: <b>PB-01</b>  |           |                                      |                                                                                                 |         |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m) | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                                         |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 1         |                                      | PISO DE CONCRETO                                                                                |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 2         |                                      | ATERRO - Argila areno-siliosa (areia fina a média), com detritos, vermelha e amarela.           |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 3         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Argila areno-siliosa (areia fina), vermelha-clara. |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 4         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Silte arenoso (areia fina a média), vermelha.      |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 5         |                                      |                                                                                                 |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 6         |                                      |                                                                                                 |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 7         |                                      |                                                                                                 |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 8         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses). Areia fina a média micacéa, cinza e marrom claro.  |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 9         |                                      |                                                                                                 |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 10        |                                      |                                                                                                 |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 11        |                                      |                                                                                                 |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 12        |                                      |                                                                                                 |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 13        |                                      |                                                                                                 |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 14        |                                      |                                                                                                 |         |
| <b>Obs.:</b><br>Profundidade final: 12,50m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 10,15 m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 8,50m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 8,50 - 12,50m; Vão 0,00 - 0,10m; Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,50; Solo-cimento 0,50 - 7,50m; Selo de entonita 7,50 - 7,90 m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 7,90 - 12,50m. |              |                        |           |                                      |                                                                                                 |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        |           | Local:<br><b>Campinas - SP</b>       |                                                                                                 |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        |           | Projeto Nº:                          | TF 19/2008                                                                                      | Pag.: 1 |

| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              |                        |           |                                      |                                                                                                        |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              | Data Sond.: 15/08/2008 |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                                        |         |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              | Poço Nº: PO-02         |           |                                      |                                                                                                        |         |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m) | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                                                |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 1         |                                      | PISO DE CONCRETO                                                                                       |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 2         |                                      | ATERRO - Argila areno-siliosa (areia fina a média), com detritos, vermelha e amarela                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 3         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Argila areno-siliosa (areia fina a média), vermelha-clara. |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 4         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Silte arenoso (areia fina a média), vermelha e cinza.      |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 5         |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 6         |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 7         |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 8         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Areia fina a média micacéa, cinza.                         |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 9         |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 10        |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 11        |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 12        |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 13        |                                      |                                                                                                        |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                        | 14        |                                      |                                                                                                        |         |
| <b>Obs.:</b><br>Profundidade final: 12,30m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 10,05 m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 8,30m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 8,30 - 12,30m; Vão 0,00 - 0,10m; Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,60; Solo-cimento 0,60 - 7,00m; Selo de entonita 7,00 - 7,60 m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 7,60 - 12,30m. |              |                        |           |                                      |                                                                                                        |         |
| Local:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |              |                        |           |                                      | Campinas - SP                                                                                          |         |
| Projeto Nº :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                        |           | TF 19/2008                           |                                                                                                        | Pag.: 1 |



| PERFIL DESCRITIVO DE SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                        |           |                                      |                                                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Ø Perfuração: 4,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              | Data Sond.: 15/08/2008 |           | Aluno:<br>Fábio Mattos<br>TF 19/2008 |                                                                                                        |            |
| Ø Instalação: 2,0"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              | Poço Nº: PO-03         |           |                                      |                                                                                                        |            |
| Amostra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Nível d'Água | Perfil Construtivo     | Prof. (m) | Perfil Geológico                     | Descrição dos Materiais                                                                                |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 1         |                                      | PISO DE CONCRETO                                                                                       |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 2         |                                      | ATERRO - Argila areno-siltosa (areia fina a média), com detritos, vermelha e amarela                   |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 3         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Argila areno-siltosa (areia fina a média), vermelha-clara. |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 4         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Silte arenoso (areia fina a média), vermelha.              |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 5         |                                      |                                                                                                        |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 6         |                                      |                                                                                                        |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 7         |                                      | SOLO DE ALTERAÇÃO - (Alteração de gnaisses) Areia fina a média micacéa, cinza.                         |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 8         |                                      |                                                                                                        |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 9         |                                      |                                                                                                        |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 10        |                                      |                                                                                                        |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 11        |                                      |                                                                                                        |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 12        |                                      |                                                                                                        |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 13        |                                      |                                                                                                        |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        | 14        |                                      |                                                                                                        |            |
| Obs.:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |                        |           |                                      |                                                                                                        |            |
| Profundidade final: 11,50m;<br>Nível d'água encontrado na perfuração = 10,12 m;<br>Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 7,50m;<br>Tubo PVC Geomecânico Filtro 7,50 - 11,50m; Vão 0,00 - 0,10m, Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária: 0,20 - 0,60; Solo-cimento: 0,60 - 6,60m; Selo de entonita 6,60 - 7,00 m, Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 7,00 - 11,50m. |              |                        |           |                                      |                                                                                                        |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        |           | Local:                               |                                                                                                        |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        |           | Campinas - SP                        |                                                                                                        |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        |           | Projeto Nº:                          |                                                                                                        | TF 19/2008 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                        |           | Pag.:                                |                                                                                                        | 1          |



ANEXO II – PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS NAS COLETADAS ANTERIORMENTE



# PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS NAS AMOSTRAS DE SOLO EM CAMPANHAS ANTERIORES

| Local da Coleta |  | L.D.  | S-01   | S-02   | S-04   | S-11   | S-12   | S-13   | S-17   | S-19   | Valores Orientadores - Cenário Residencial | Valores Orientadores - Cenário Industrial |
|-----------------|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| I.D. Amostras   |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |                                            |                                           |
| Metais (mg/Kg)  |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |                                            |                                           |
| Alumínio        |  | 0,1   | 13135  | 3305   | 23429  | 15184  | 2359   | 16404  | 29591  | 28612  | 76000 <sup>(2)</sup>                       | 100000 <sup>(2)</sup>                     |
| Antimônio       |  | 0,01  | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | 10 <sup>(1)</sup>                          | 25 <sup>(1)</sup>                         |
| Arsênio         |  | 0,005 | 0.14   | 0.02   | 0.05   | 0.11   | 0.10   | 0.00   | 0.06   | 0.01   | 55 <sup>(1)</sup>                          | 150 <sup>(1)</sup>                        |
| Bário           |  | 0,5   | 280    | 186    | 215    | 105    | 309    | 857    | 77     | 73.3   | 500 <sup>(1)</sup>                         | 750 <sup>(1)</sup>                        |
| Cádmio          |  | 0,01  | < L.D. | 0.13   | 30     | < L.D. | 0.04   | 0.42   | 0.42   | 1.04   | 8 <sup>(1)</sup>                           | 20 <sup>(1)</sup>                         |
| Chumbo          |  | 0,03  | 7.91   | 12.2   | 26.6   | 3.25   | 10.2   | 11.9   | 12     | 14.8   | 300 <sup>(1)</sup>                         | 900 <sup>(1)</sup>                        |
| Cobalto         |  | 0,01  | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | 65 <sup>(1)</sup>                          | 90 <sup>(1)</sup>                         |
| Cobre           |  | 0,04  | 30.2   | 40.3   | 132    | 131    | 251    | 20.4   | 11.2   | 26.6   | 400 <sup>(1)</sup>                         | 600 <sup>(1)</sup>                        |
| Cromo           |  | 0,06  | 31.9   | 19     | 624    | 1210   | 147    | 51.3   | 16.4   | 19.8   | 300 <sup>(1)</sup>                         | 400 <sup>(1)</sup>                        |
| Ferro           |  | 0,1   | 31568  | 25454  | 20,16  | 11675  | 27163  | 27829  | 26691  | 25678  | 23000 <sup>(2)</sup>                       | 100000 <sup>(2)</sup>                     |
| Manganês        |  | 0,05  | 35     | 95.8   | 99.5   | 21.7   | 79.1   | 47.9   | 93.7   | 55.4   | 1800 <sup>(2)</sup>                        | 19000 <sup>(2)</sup>                      |
| Mercurio        |  | 0,001 | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | 36 <sup>(1)</sup>                          | 70 <sup>(1)</sup>                         |
| Molibdênio      |  | 0,01  | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | 100 <sup>(1)</sup>                         | 120 <sup>(1)</sup>                        |
| Níquel          |  | 0,02  | 13.7   | 80.5   | 112    | 126    | 155    | 20.2   | 11.6   | 23.6   | 100 <sup>(1)</sup>                         | 130 <sup>(1)</sup>                        |
| Prata           |  | 0,01  | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | < L.D. | 50 <sup>(1)</sup>                          | 100 <sup>(1)</sup>                        |
| Zinco           |  | 0,06  | 34.5   | 210    | 2268   | 18.8   | 33.3   | 65.8   | 25.7   | 51.6   | 1000 <sup>(1)</sup>                        | 2000 <sup>(1)</sup>                       |

(1) Valores orientadores para solo - CETESB 2005

(2) Valores orientadores para solo - USEPA Região 9 (PRG)

L.D.: Limite de Detecção do Laboratório

Os valores em **negrito** estão acima somente do valor orientador para cenário residencial somente.

Os valores em **negrito e vermelho** estão acima do valor orientado para cenário industrial.







# ENSAIO DE RECUPERAÇÃO: PM-07

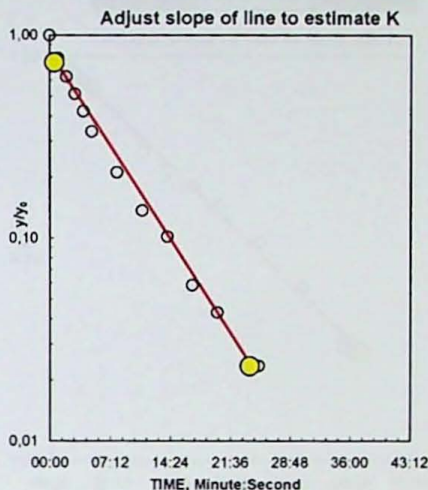
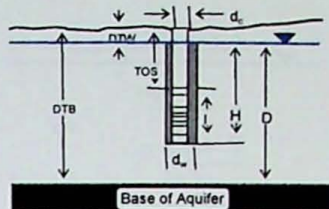
Local ID: PM-07  
Date: 14/07/08

## Reduced Data

| Entry | Time, Hr:Min:Sec | Water Level |
|-------|------------------|-------------|
| 1     | 0:00:00,0        | 11,88       |
| 2     | 0:01:00,0        | 11,59       |
| 3     | 0:02:00,0        | 11,40       |
| 4     | 0:03:00,0        | 11,26       |
| 5     | 0:04:00,0        | 11,14       |
| 6     | 0:05:00,0        | 11,03       |
| 7     | 0:08:00,0        | 10,87       |
| 8     | 0:11:00,0        | 10,78       |
| 9     | 0:14:00,0        | 10,73       |
| 10    | 0:17:00,0        | 10,68       |
| 11    | 0:20:00,0        | 10,66       |
| 12    | 0:25:00,0        | 10,63       |
| 13    | 0:30:00,0        | 10,61       |
| 14    | 0:35:00,0        | 10,61       |

## INPUT

|                                                         |             |
|---------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Construction:</b>                                    |             |
| Casing dia. ( $d_c$ )                                   | 2 Inch      |
| Annulus dia. ( $d_w$ )                                  | 4 Inch      |
| Screen Length (L)                                       | 4 Meter     |
| <b>Depths to:</b>                                       |             |
| water level (DTW)                                       | 10,58 Meter |
| top of screen (TOS)                                     | 9 Meter     |
| Base of Aquifer (DTB)                                   | 50 Meter    |
| <b>Preenchimento do furo:</b>                           |             |
| no filtro -- Areia grossa                               |             |
| acima do filtro -- Bentonita                            |             |
| <b>Material do Aquifero -- Surficial Aquifer, centr</b> |             |



## COMPUTED

|                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| $L_{wetted}$                     | 2,42 Meter                     |
| D =                              | 39,42 Meter                    |
| H =                              | 2,42 Meter                     |
| $L/r_w$                          | 14,52                          |
| $Y_0$ -DISPLACEMENT =            | 128,00 cm                      |
| $Y_0$ -SLUG =                    | 124,23 cm                      |
| From look-up table using $L/r_w$ |                                |
| Partial penetrate A =            | 2,048                          |
| B =                              | 0,308                          |
| $\ln(Re/r_w)$                    | 1,500                          |
| Re =                             | 0,75 cm                        |
| Slope =                          | 0,00107 $\log_{10}/\text{sec}$ |
| $t_{90\%}$ recovery =            | 935 sec                        |

Input is consistent.

K = 2,00E-04 cm/Second

REMARKS:

Bouwer and Rice analysis of slug test, WRR 1976

# ENSAIO DE RECUPERAÇÃO: PM-08

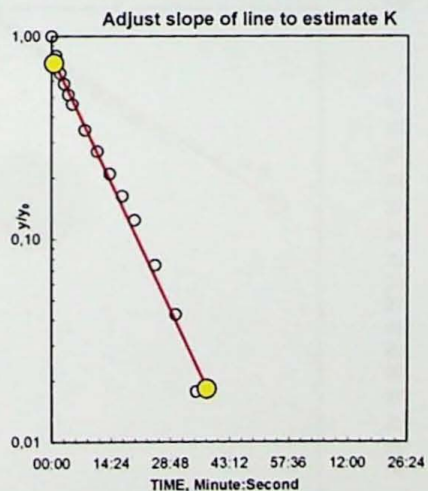
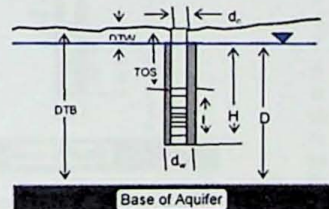
Local ID: PM-08  
Date: 14/07/08

## Reduced Data

| Entry | Time, Hr:Min:Sec | Water Level |
|-------|------------------|-------------|
| 1     | 0:00:00,0        | 11,61       |
| 2     | 0:01:00,0        | 11,33       |
| 3     | 0:02:00,0        | 11,13       |
| 4     | 0:03:00,0        | 11,02       |
| 5     | 0:04:00,0        | 10,93       |
| 6     | 0:05:00,0        | 10,85       |
| 7     | 0:08:00,0        | 10,69       |
| 8     | 0:11:00,0        | 10,58       |
| 9     | 0:14:00,0        | 10,50       |
| 10    | 0:17:00,0        | 10,43       |
| 11    | 0:20:00,0        | 10,38       |
| 12    | 0:25:00,0        | 10,31       |
| 13    | 0:30:00,0        | 10,26       |
| 14    | 0:35:00,0        | 10,23       |
| 15    | 0:40:00,0        | 10,20       |
| 16    | 0:45:00,0        | 10,18       |
| 17    | 1:00:00,0        | 10,15       |

## INPUT

|                                                         |            |
|---------------------------------------------------------|------------|
| <b>Construction:</b>                                    |            |
| Casing dia. ( $d_c$ )                                   | 2 Inch     |
| Annulus dia. ( $d_w$ )                                  | 4 Inch     |
| Screen Length (L)                                       | 4 Meter    |
| <b>Depths to:</b>                                       |            |
| water level (DTW)                                       | 9,82 Meter |
| top of screen (TOS)                                     | 9 Meter    |
| Base of Aquifer (DTB)                                   | 50 Meter   |
| <b>Preenchimento do furo:</b>                           |            |
| no filtro -- Areia grossa                               |            |
| acima do filtro -- Bentonita                            |            |
| <b>Material do Aquifero -- Surficial Aquifer, centr</b> |            |



## COMPUTED

|                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| $L_{wetted}$                     | 3,18 Meter                      |
| D =                              | 40,18 Meter                     |
| H =                              | 3,18 Meter                      |
| $L/r_w$                          | 19,08                           |
| $Y_0$ -DISPLACEMENT =            | 141,00 cm                       |
| $Y_0$ -SLUG =                    | 124,23 cm                       |
| From look-up table using $L/r_w$ |                                 |
| Partial penetrate A =            | 2,171                           |
| B =                              | 0,338                           |
| $\ln(Re/r_w)$                    | 1,717                           |
| Re =                             | 0,93 cm                         |
| Slope =                          | 0,000722 $\log_{10}/\text{sec}$ |
| $t_{90\%}$ recovery =            | 1384 sec                        |

Input is consistent.

K = 9,00E-05 cm/Second

REMARKS:

Bouwer and Rice analysis of slug test, WRR 1976



# ENSAIO DE RECUPERAÇÃO: PM-09

Local ID: PM-09  
Date: 14/07/08

## INPUT

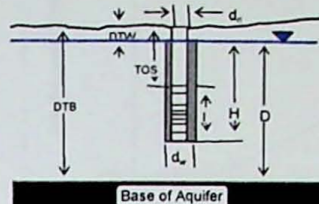
|                                                        |            |
|--------------------------------------------------------|------------|
| <b>Construction:</b>                                   |            |
| Casing dia. ( $d_c$ )                                  | 2 Inch     |
| Annulus dia. ( $d_w$ )                                 | 4 Inch     |
| Screen Length (L)                                      | 4 Meter    |
| <b>Depths to:</b>                                      |            |
| water level (DTW)                                      | 4,95 Meter |
| top of screen (TOS)                                    | 4 Meter    |
| Base of Aquifer (DTB)                                  | 50 Meter   |
| <b>Preenchimento do furo:</b>                          |            |
| no filtro – Areia grossa                               |            |
| acima do filtro – Bentonita                            |            |
| <b>Material do Aquífero – Surficial Aquifer, centr</b> |            |

## COMPUTED

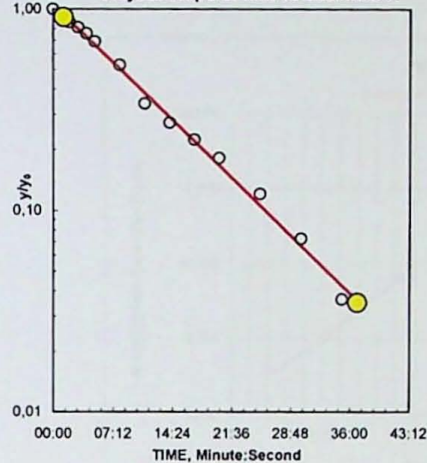
|                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| $L_{welled}$                     | 3,05 Meter                      |
| D =                              | 45,05 Meter                     |
| H =                              | 3,05 Meter                      |
| $L/r_w$                          | 18,30                           |
| $Y_0$ -DISPLACEMENT =            | 165,00 cm                       |
| $Y_0$ -SLUG =                    | 149,07 cm                       |
| From look-up table using $L/r_w$ |                                 |
| Partial penetrate A =            | 2,152                           |
| B =                              | 0,333                           |
| $\ln(Re/r_w)$                    | 1,676                           |
| Re =                             | 0,89 cm                         |
| Slope =                          | 0,000664 $\log_{10}/\text{sec}$ |
| $t_{90\%}$ recovery =            | 1507 sec                        |

Input is consistent.

K = 9,00E-05 cm/Second



Adjust slope of line to estimate K



## Reduced Data

| Entry | Time, Hr:Min:Sec | Water Level |
|-------|------------------|-------------|
| 1     | 0:00:00,0        | 6,86        |
| 2     | 0:01:00,0        | 6,74        |
| 3     | 0:02:00,0        | 6,63        |
| 4     | 0:03:00,0        | 6,55        |
| 5     | 0:04:00,0        | 6,46        |
| 6     | 0:05:00,0        | 6,35        |
| 7     | 0:08:00,0        | 6,08        |
| 8     | 0:11:00,0        | 5,77        |
| 9     | 0:14:00,0        | 5,66        |
| 10    | 0:17:00,0        | 5,58        |
| 11    | 0:20:00,0        | 5,51        |
| 12    | 0:25:00,0        | 5,41        |
| 13    | 0:30:00,0        | 5,33        |
| 14    | 0:35:00,0        | 5,27        |

REMARKS:

Bouwer and Rice analysis of slug test, WRR 1976

# ENSAIO DE RECUPERAÇÃO: PB-01

Local ID: PB-01  
Date: 28/08/2008

## INPUT

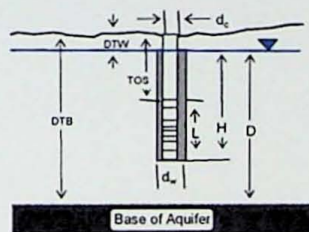
|                                                |             |
|------------------------------------------------|-------------|
| <b>Construction:</b>                           |             |
| Casing dia. ( $d_c$ )                          | 4 Inch      |
| Annulus dia. ( $d_w$ )                         | 8 Inch      |
| Screen Length (L)                              | 4 Meter     |
| <b>Depths to:</b>                              |             |
| water level (DTW)                              | 10,42 Meter |
| top of screen (TOS)                            | 8,5 Meter   |
| Base of Aquifer (DTB)                          | 12,5 Meter  |
| <b>Annular Fill:</b>                           |             |
| across screen – Coarse Sand                    |             |
| above screen – Bentonite                       |             |
| <b>Aquifer Material – Clay soils (surface)</b> |             |

## COMPUTED

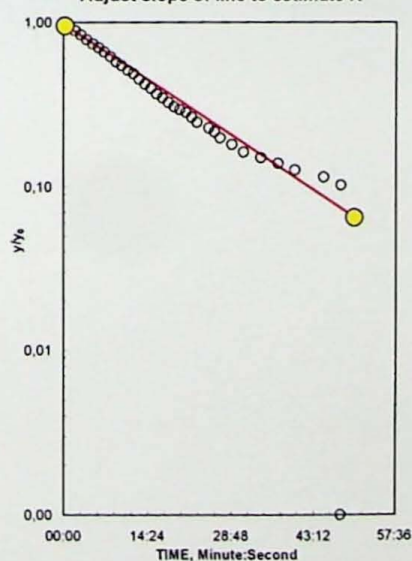
|                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| $L_{welled}$                     | 2,08 Meter                      |
| D =                              | 2,08 Meter                      |
| H =                              | 2,08 Meter                      |
| $L/r_w$                          | 6,24                            |
| $Y_0$ -DISPLACEMENT =            | 167,00 cm                       |
| $Y_0$ -SLUG =                    | 186,34 cm                       |
| From look-up table using $L/r_w$ |                                 |
| Fully penetrate C =              | 0,969                           |
| $\ln(Re/r_w)$                    | 1,323                           |
| Re =                             | 1,25 cm                         |
| Slope =                          | 0,000388 $\log_{10}/\text{sec}$ |
| $t_{90\%}$ recovery =            | 2579 sec                        |

Input is consistent.

K = 2,00E-04 cm/Second



Adjust slope of line to estimate K



## Reduced Data

| Entry | Time, Hr:Min:Sec | Water Level |
|-------|------------------|-------------|
| 1     | 13:21:00,0       | 12,09       |
| 2     | 13:22:00,0       | 12,00       |
| 3     | 13:23:00,0       | 11,90       |
| 4     | 13:24:00,0       | 11,82       |
| 5     | 13:25:00,0       | 11,73       |
| 6     | 13:26:00,0       | 11,65       |
| 7     | 13:27:00,0       | 11,59       |
| 8     | 13:28:00,0       | 11,52       |
| 9     | 13:29:00,0       | 11,45       |
| 10    | 13:30:00,0       | 11,38       |
| 11    | 13:31:00,0       | 11,33       |
| 12    | 13:32:00,0       | 11,27       |
| 13    | 13:33:00,0       | 11,23       |
| 14    | 13:34:00,0       | 11,17       |
| 15    | 13:35:00,0       | 11,12       |
| 19    | 13:39:00,0       | 10,96       |
| 20    | 13:40:00,0       | 10,93       |
| 21    |                  | 10,91       |
| 22    | 13:42:00,0       | 10,89       |
| 23    |                  | 10,86       |
| 24    | 13:44:00,0       | 10,83       |
| 25    | 13:46:00,0       | 10,80       |
| 26    | 13:47:00,0       | 10,78       |
| 27    | 13:48:00,0       | 10,75       |
| 28    | 13:50:00,0       | 10,72       |
| 29    | 13:52:00,0       | 10,69       |
| 30    | 13:55:00,0       | 10,67       |
| 31    | 13:58:00,0       | 10,65       |
| 32    | 14:01:00,0       | 10,63       |
| 33    | 14:06:00,0       | 10,61       |
| 34    | 14:09:00,0       | 10,59       |

REMARKS:

Bouwer and Rice analysis of slug test, WRR 1976



| Vazão<br>(Litros / Hora) | Nível d'Água<br>(metros) | Rebaixamento<br>(metros) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 8.7                      | 10.135                   | 0.025                    |
| 21.6                     | 10.220                   | 0.110                    |
| 64.8                     | 11.110                   | 1.000                    |
| 84                       | 11.400                   | 1.290                    |
| 144                      | 12.25                    | Secou o poço             |

| Vazão<br>(m3/horas) | Rebaixamento<br>(metros) | Rebaixamento Específico<br>(metros) |
|---------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 0.009               | 0.03                     | 2.874                               |
| 0.022               | 0.11                     | 5.093                               |
| 0.065               | 1.00                     | 15.432                              |
| 0.084               | 1.29                     | 15.357                              |

#### Equação do Poço:

$$S = AQ + BQ^2$$

S = Rebaixamento Real (metros)

Q = Vazão (m3/hora)

A = Coeficiente de Perda do Aquífero

B = Coeficiente de Perda do Poço

Ne = Nível Estático (metros)

Nd = Nível Dinâmico (metros)

Como,  $y = A + Bx$

$$A = 0.5791$$

$$B = 227.77$$

Logo, para

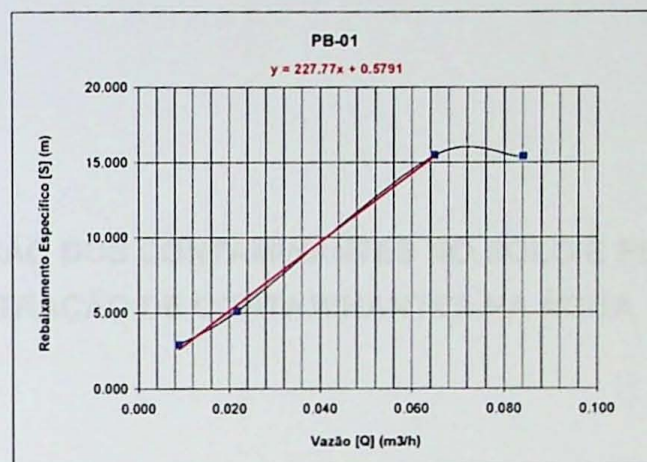
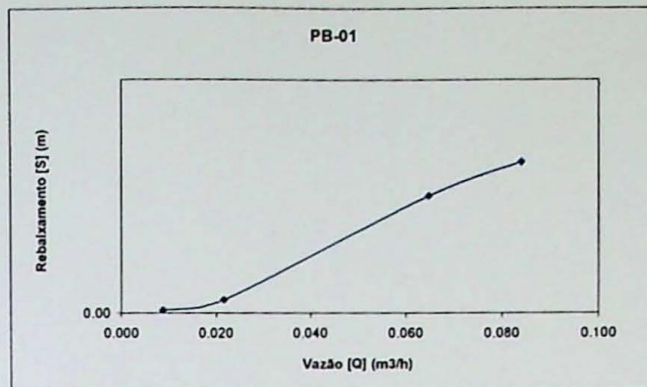
$$Q = 0.066$$

$$S = 1.030$$

Considerando

$$Ne = 10.110$$

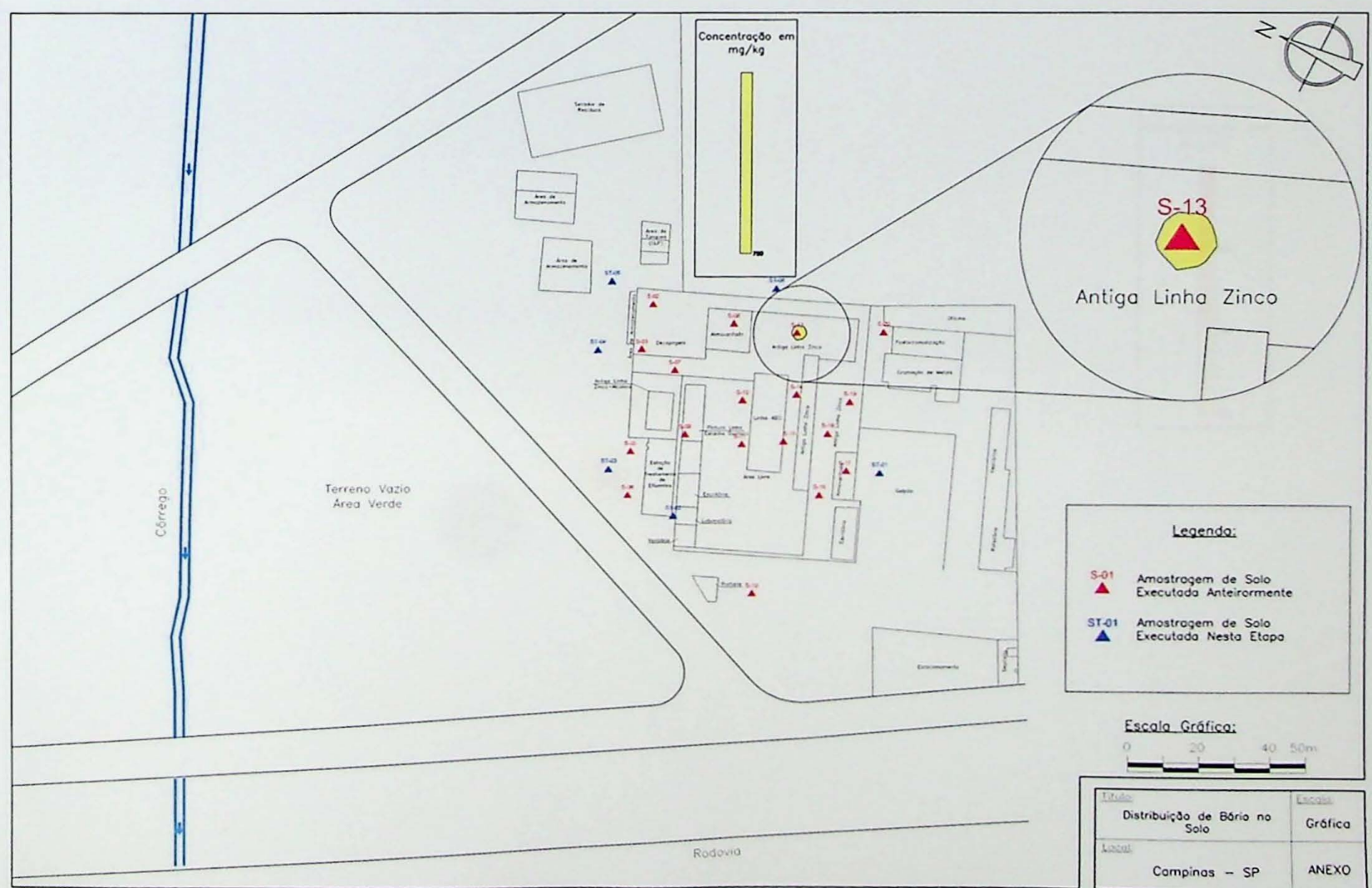
$$Nd = 11.140$$



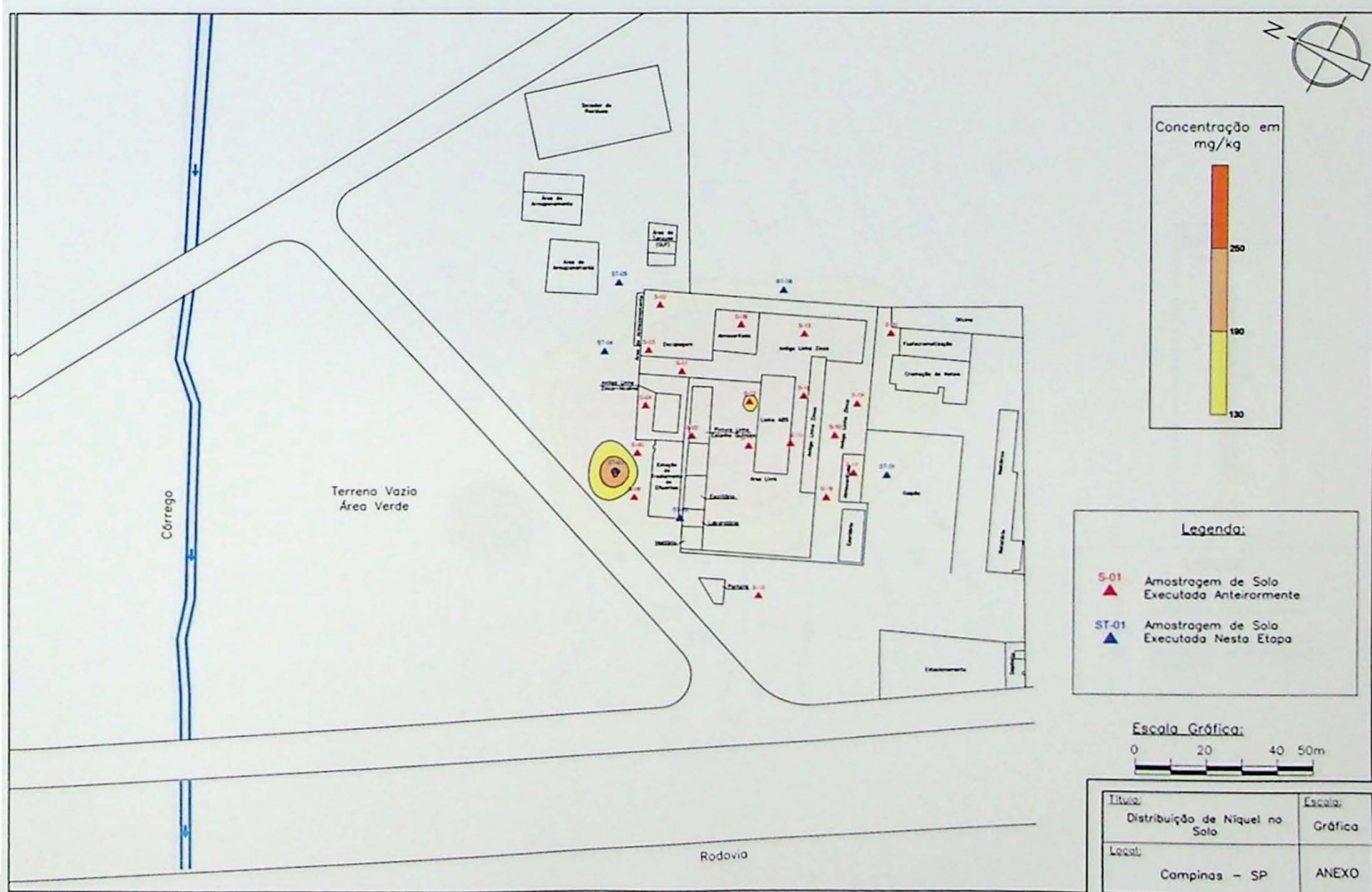
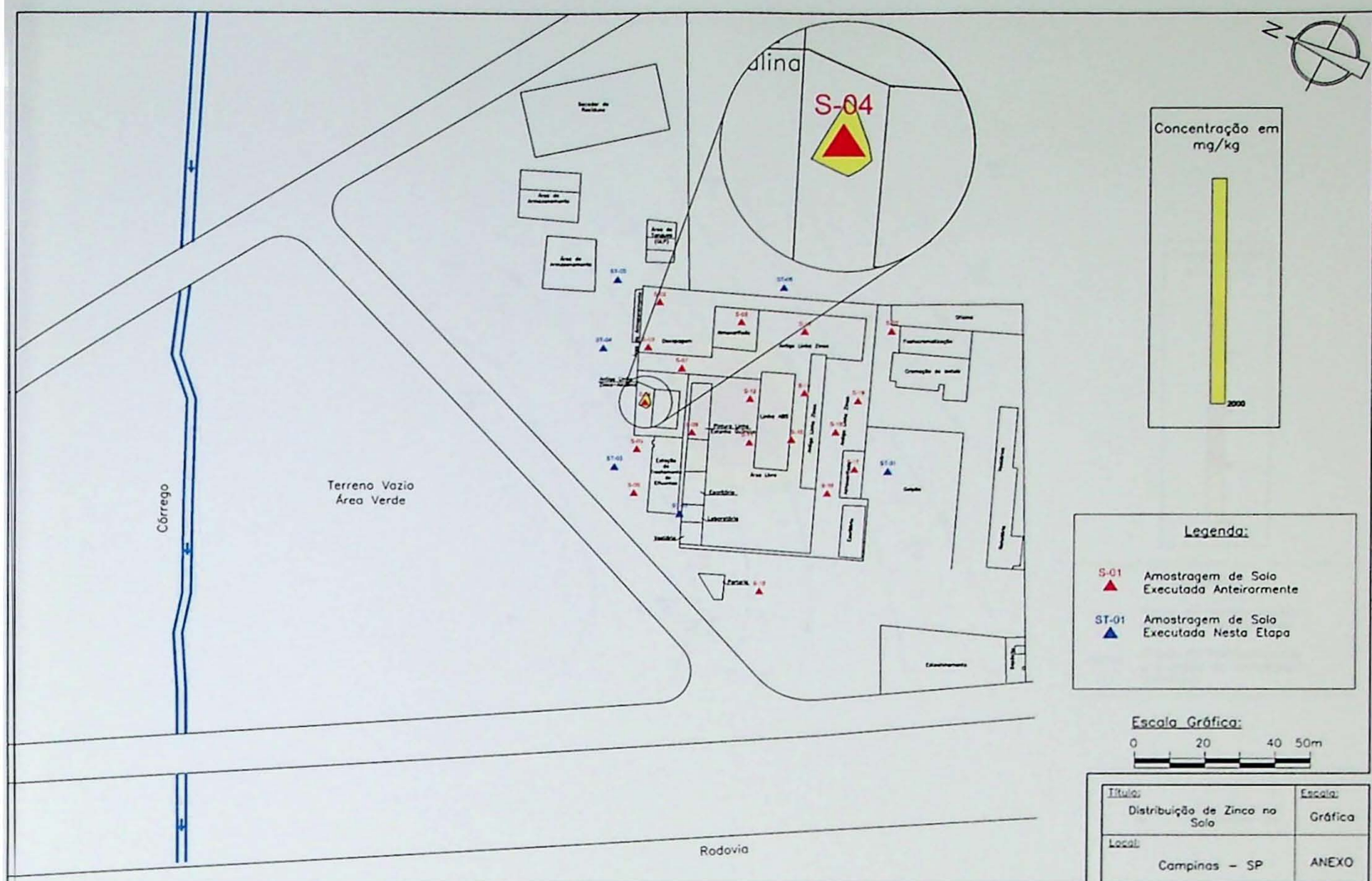


**ANEXO IV – DISTRIBUIÇÃO DOS CONTAMINANTES NO SOLO E PLUMAS DE  
ISOCONCENTRAÇÃO DE CONTAMINANTES NA ÁGUA**

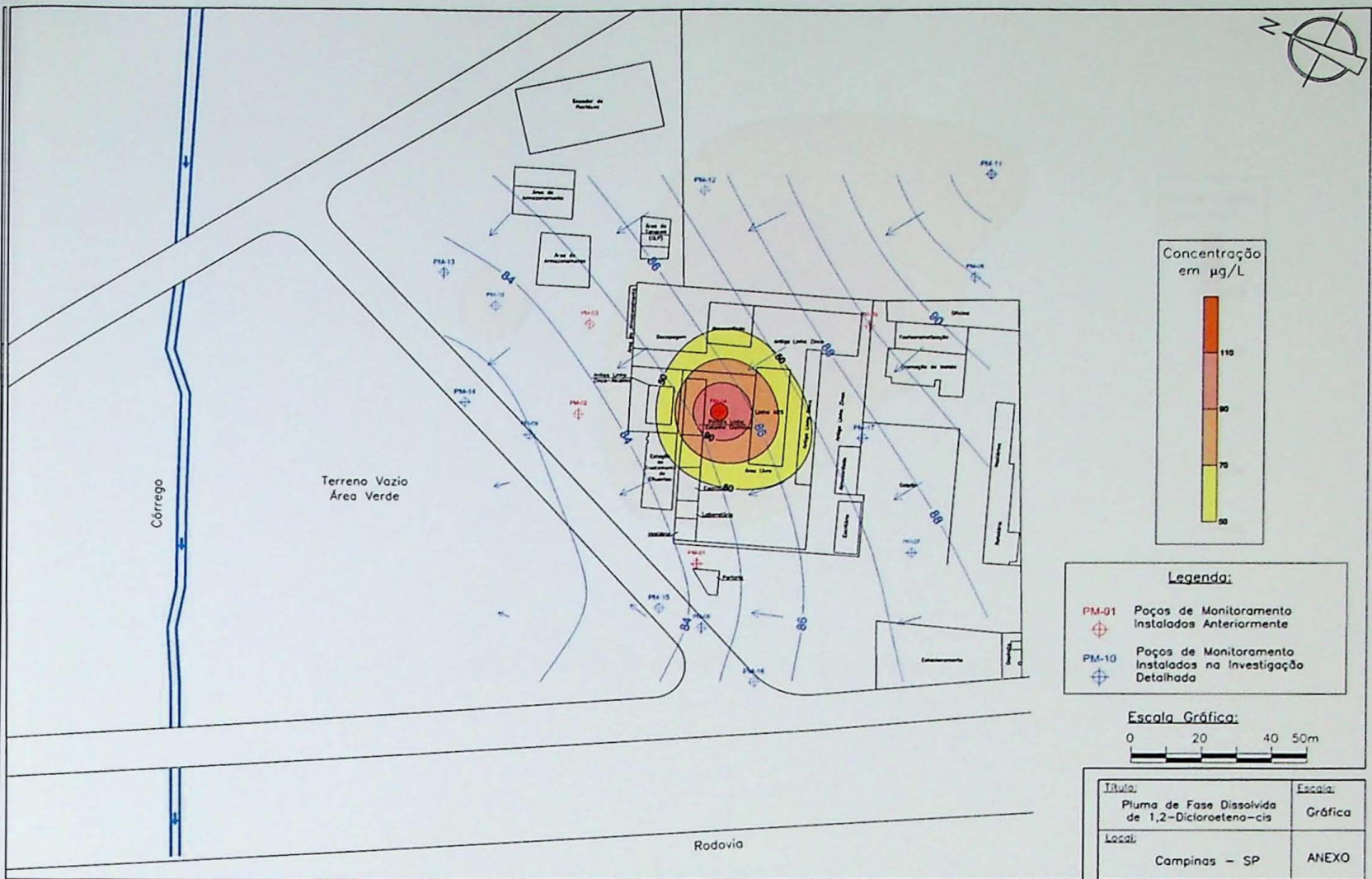




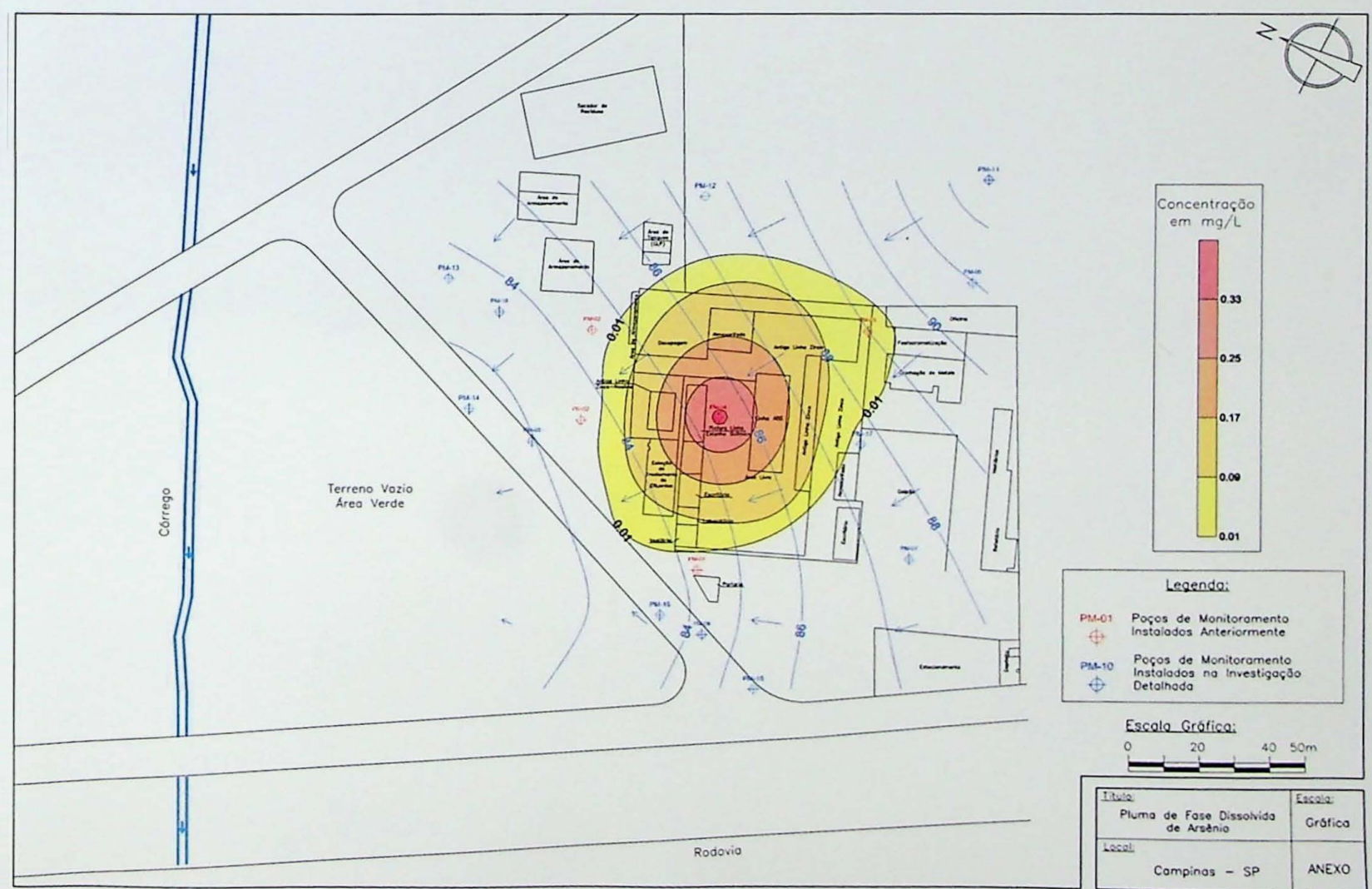














## ANEXO V – RESULTADOS COMPLETOS DA SIMULAÇÃO DE RISCO



CENÁRIO 1 - ÁREA COMERCIAL – AMBIENTE FECHADO

Trabalhador Efetivo – Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea em Ambiente Fechado.

| COMPOSTO              | Fator de Risco Considerado | Inalação em ambiente fechado | TOTAL   |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------|---------|
| Tetracloroeteno (PCE) | 1.0E-05 (C)                | 4.3E-07                      | 4.3E-07 |
| TOTAL                 | 1.0E-05 (C)                | 4.3E-07                      | 4.3E-07 |
| Cis-1,2-Dicloroeteno  | 1(H)                       | 2.4E-03                      | 2.4E-03 |
| Tetracloroeteno (PCE) |                            | 6.6E-03                      | 6.6E-03 |
| TOTAL                 | 1(H)                       | 9.0E-03                      | 9.0E-03 |

CENÁRIO 2 - ÁREA COMERCIAL – AMBIENTE ABERTO

Trabalhador Efetivo – Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea em Ambiente Aberto.

| COMPOSTO              | Fator de Risco Considerado | Inalação em ambiente aberto | TOTAL 1 |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|---------|
| Tetracloroeteno (PCE) | 1.0E-05 (C)                | 3.1E-10                     | 3.1E-10 |
| TOTAL                 | 1.0E-05 (C)                | 3.1E-10                     | 3.1E-10 |
| Cis-1,2-Dicloroeteno  | 1(H)                       | 2.2E-06                     | 2.2E-06 |
| Tetracloroeteno (PCE) |                            | 4.6E-06                     | 4.6E-06 |
| TOTAL                 | 1(H)                       | 6.8E-06                     | 6.8E-06 |

Trabalhador Efetivo – Inalação de Vapores a Partir do Solo em Ambiente Aberto, Ingestão e Contato Dermal de Solo Superficial.

| COMPOSTO  | Fator de Risco Considerado | Contato Dermal | Ingestão | TOTAL 2 |
|-----------|----------------------------|----------------|----------|---------|
| Cádmio    | 1.0E-05 (C)                | 1.5E-06        | 7.7E-05  | 7.9E-05 |
| TOTAL     | 1.0E-05 (C)                | 1.5E-06        | 7.7E-05  | 7.9E-05 |
| Bário     |                            | 1.5E-03        | 7.5E-03  | 9.1E-03 |
| Cádmio    |                            | 7.4E-04        | 3.7E-02  | 3.8E-02 |
| Cromo III | 1(H)                       | 9.9E-05        | 5.0E-04  | 6.0E-04 |
| Níquel    |                            | 2.2E-04        | 1.1E-02  | 1.1E-02 |
| Zinco     |                            | 9.3E-04        | 4.7E-03  | 5.6E-03 |
| TOTAL     | 1(H)                       | 3.5E-03        | 6.0E-02  | 6.4E-02 |

ANÁLISE DE RISCO



Trabalhador Efetivo – Ambiente Aberto - RISCO TOTAL.

| Fator de Risco Considerado | TOTAL 1 | TOTAL 2 | TOTAL   |
|----------------------------|---------|---------|---------|
| 1.0E-05 (C)                | 3.1E-10 | 7.9E-05 | 7.9E-05 |
| 1(H)                       | 6.8E-06 | 6.4E-02 | 6.4E-02 |

CENÁRIO 3 - ÁREA COMERCIAL - AMBIENTE ABERTO

Trabalhadores Temporários – Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea em Ambiente Aberto e Contato Dermal com a Água Subterrânea.

| COMPOSTO              | Fator de Risco Considerado | Inalação em ambiente aberto | Contato Dermal | TOTAL 1 |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------|---------|
| Arsênio               |                            | 0.0E+00                     | 2.1E-08        | 2.1E-08 |
| Cádmio                |                            | 0.0E+00                     | 1.1E-08        | 1.1E-08 |
| Cromo VI              | 1.0E-05 (C)                | 0.0E+00                     | 3.6E-04        | 3.6E-04 |
| Cobalto               |                            | 0.0E+00                     | 8.3E-03        | 8.3E-03 |
| Tetracloretoeno (PCE) |                            | 3.4E-11                     | 4.2E-06        | 4.2E-06 |
| TOTAL                 | 1.0E-05 (C)                | 3.4E-11                     | 8.6E-03        | 8.6E-03 |
| Alumínio              |                            | 0.0E+00                     | 3.2E-07        | 3.2E-07 |
| Antimônio             |                            | 0.0E+00                     | 7.5E-07        | 7.5E-07 |
| Arsênio               |                            | 0.0E+00                     | 7.2E-05        | 7.2E-05 |
| Bário                 |                            | 0.0E+00                     | 2.7E-06        | 2.7E-06 |
| Cádmio                |                            | 0.0E+00                     | 5.3E-06        | 5.3E-06 |
| Cromo III             |                            | 0.0E+00                     | 5.1E-10        | 5.1E-10 |
| Cromo VI              |                            | 0.0E+00                     | 4.9E-02        | 4.9E-02 |
| Cobalto               |                            | 0.0E+00                     | 1.2E-01        | 1.2E-01 |
| Cobre                 | 1(H)                       | 0.0E+00                     | 1.9E-03        | 1.9E-03 |
| Ferro                 |                            | 0.0E+00                     | 4.7E-08        | 4.7E-08 |
| Chumbo                |                            | 0.0E+00                     | 3.3E-04        | 3.3E-04 |
| Manganês              |                            | 0.0E+00                     | 1.5E-08        | 1.5E-08 |
| Níquel                |                            | 0.0E+00                     | 1.5E-06        | 1.5E-06 |
| Prata                 |                            | 0.0E+00                     | 7.5E-06        | 7.5E-06 |
| Zinco                 |                            | 0.0E+00                     | 1.1E-05        | 1.1E-05 |
| Cis-1,2-Dicloroeteno  |                            | 2.4E-07                     | 6.0E-04        | 6.0E-04 |
| Tetracloretoeno (PCE) |                            | 5.2E-07                     | 2.5E-03        | 2.5E-03 |
| TOTAL                 | 1(H)                       | 7.6E-07                     | 1.8E-01        | 1.8E-01 |

Trabalhadores Temporários – Inalação de Vapores a Partir do Solo em Ambiente Aberto, Ingestão e Contato Dermal de Solo Superficial.

| COMPOSTO  | Fator de Risco Considerado | Contato Dermal | Ingestão | TOTAL 2 |
|-----------|----------------------------|----------------|----------|---------|
| Cádmio    | 1.0E-05 (C)                | 1.7E-07        | 8.6E-06  | 8.7E-06 |
| TOTAL     | 1.0E-05 (C)                | 1.7E-07        | 8.6E-06  | 8.7E-06 |
| Bário     |                            | 1.7E-04        | 8.4E-04  | 1.0E-03 |
| Cádmio    |                            | 8.2E-05        | 4.1E-03  | 4.2E-03 |
| Cromo III | 1(H)                       | 1.1E-05        | 5.5E-05  | 6.6E-05 |
| Níquel    |                            | 2.4E-05        | 1.2E-03  | 1.2E-03 |
| Zinco     |                            | 1.0E-04        | 5.2E-04  | 6.2E-04 |
| TOTAL     | 1(H)                       | 3.9E-04        | 6.7E-03  | 7.1E-03 |

Trabalhadores Temporários – Ambiente Aberto - RISCO TOTAL.

| Fator de Risco Considerado | TOTAL 1 | TOTAL 2 | TOTAL    |
|----------------------------|---------|---------|----------|
| 1.0E-05 (C)                | 8.6E-03 | 8.7E-06 | 8.61E-03 |
| 1(H)                       | 1.0E-01 | 7.1E-03 | 1.07E-01 |



CENÁRIO 4 – ÁREA COMERCIAL - AMBIENTE FECHADO

Trabalhador Efetivo Vizinho – Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea, Ingestão, Inalação de Vapores em Banho e Contato Dermal.

| COMPOSTO             | Fator de Risco Considerado | Inalação em ambiente fechado | Ingestão | Contato Dermal | Inalação em Banho | TOTAL   |
|----------------------|----------------------------|------------------------------|----------|----------------|-------------------|---------|
| Arsênio              |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cádmio               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cromo VI             | 1.0E-05 (C)                | 0.0E+00                      | 6.5E-06  | 4.2E-07        | 0.0E+00           | 7.0E-06 |
| Cobalto              |                            | 0.0E+00                      | 2.8E-05  | 1.4E-05        | 0.0E+00           | 4.2E-05 |
| Tetracloreto (PCE)   |                            | 1.9E-08                      | 3.2E-07  | 7.8E-09        | 8.4E-08           | 4.4E-07 |
| TOTAL                | 1.0E-05 (C)                | 1.9E-08                      | 3.5E-05  | 1.4E-05        | 8.4E-08           | 4.9E-05 |
| Alumínio             |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Antimônio            |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Arsênio              |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Bário                |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cádmio               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cromo III            |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cromo VI             |                            | 0.0E+00                      | 1.3E-05  | 4.2E-05        | 0.0E+00           | 5.5E-05 |
| Cobalto              |                            | 0.0E+00                      | 2.4E-04  | 1.2E-04        | 0.0E+00           | 3.6E-04 |
| Cobre                | 1(H)                       | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Ferro                |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Chumbo               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Manganês             |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Níquel               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Prata                |                            | 0.0E+00                      | 2.1E-09  | 6.3E-13        | 0.0E+00           | 2.1E-09 |
| Zinco                |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cis-1,2-Dicloroeteno |                            | 8.1E-05                      | 1.70E-04 | 8.5E-07        | 1.4E-03           | 1.6E-03 |
| Tetracloreto (PCE)   |                            | 1.6E-04                      | 1.00E-04 | 2.5E-06        | 6.9E-04           | 9.5E-04 |
| TOTAL                | 1(H)                       | 2.4E-04                      | 5.3E-04  | 1.7E-04        | 2.0E-03           | 3.0E-03 |

CENÁRIO 5 – ÁREA RESIDENCIAL - AMBIENTE FECHADO

Morador Criança – Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea, Ingestão, Inalação de Vapores em Banho e Contato Dermal.

| COMPOSTO             | Fator de Risco Considerado | Inalação em ambiente fechado | Ingestão | Contato Dermal | Inalação em Banho | TOTAL   |
|----------------------|----------------------------|------------------------------|----------|----------------|-------------------|---------|
| Arsênio              |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cádmio               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cromo VI             | 1.0E-05 (C)                | 0.0E+00                      | 9.7E-06  | 1.8E-06        | 0.0E+00           | 1.1E-05 |
| Cobalto              |                            | 0.0E+00                      | 4.8E-05  | 6.8E-05        | 0.0E+00           | 1.2E-04 |
| Tetracloreto (PCE)   |                            | 2.2E-07                      | 5.5E-07  | 3.7E-08        | 3.9E-07           | 1.2E-06 |
| TOTAL                | 1.0E-05 (C)                | 2.2E-07                      | 5.8E-05  | 6.9E-05        | 3.9E-07           | 1.3E-04 |
| Alumínio             |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Antimônio            |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Arsênio              |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Bário                |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cádmio               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cromo III            |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cromo VI             |                            | 0.0E+00                      | 1.7E-05  | 1.5E-04        | 0.0E+00           | 1.7E-04 |
| Cobalto              |                            | 0.0E+00                      | 3.1E-04  | 4.3E-04        | 0.0E+00           | 7.4E-04 |
| Cobre                | 1(H)                       | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Ferro                |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Chumbo               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Manganês             |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Níquel               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Prata                |                            | 0.0E+00                      | 2.7E-09  | 2.3E-12        | 0.0E+00           | 2.7E-09 |
| Zinco                |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cis-1,2-Dicloroeteno |                            | 7.2E-04                      | 2.2E-04  | 3.1E-06        | 4.8E-03           | 5.7E-03 |
| Tetracloreto (PCE)   |                            | 1.4E-03                      | 1.3E-04  | 9.0E-06        | 2.4E-03           | 4.0E-03 |
| TOTAL                | 1(H)                       | 2.1E-03                      | 6.8E-04  | 6.0E-04        | 7.2E-03           | 1.1E-02 |



Morador Adulto – Inalação de Vapores a Partir da Água Subterrânea,  
Ingestão, Inalação de Vapores em Banho e Contato Dermal.

| COMPOSTO             | Fator de Risco Considerado | Inalação em ambiente fechado | Ingestão | Contato Dermal | Inalação em Banho | TOTAL   |
|----------------------|----------------------------|------------------------------|----------|----------------|-------------------|---------|
| Arsênio              |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cádmio               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cromo VI             | 1.0E-05 (C)                | 0.0E+00                      | 4.9E-06  | 1.0E-06        | 0.0E+00           | 5.9E-06 |
| Cobalto              |                            | 0.0E+00                      | 2.4E-05  | 3.8E-05        | 0.0E+00           | 6.2E-05 |
| Tetracloreto (PCE)   |                            | 8.0E-08                      | 2.8E-07  | 2.1E-08        | 1.4E-07           | 5.2E-07 |
| TOTAL                | 1.0E-05 (C)                | 8.0E-08                      | 2.9E-05  | 3.9E-05        | 1.4E-07           | 6.9E-05 |
| Alumínio             |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Antimônio            |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Arsênio              |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Bário                |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cádmio               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cromo III            |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cromo VI             |                            | 0.0E+00                      | 8.4E-06  | 8.7E-05        | 0.00E+00          | 9.5E-05 |
| Cobalto              |                            | 0.0E+00                      | 1.6E-04  | 2.5E-04        | 0.00E+00          | 4.0E-04 |
| Cobre                | 1(H)                       | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Ferro                |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Chumbo               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Manganês             |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Níquel               |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Prata                |                            | 0.0E+00                      | 1.4E-09  | 1.3E-12        | 0.0E+00           | 1.4E-09 |
| Zinco                |                            | 0.0E+00                      | 0.0E+00  | 0.0E+00        | 0.0E+00           | 0.0E+00 |
| Cis-1,2-Dicloroeteno |                            | 2.6E-04                      | 1.1E-04  | 1.8E-06        | 1.8E-03           | 2.1E-03 |
| Tetracloreto (PCE)   |                            | 5.0E-04                      | 6.7E-05  | 5.1E-06        | 8.9E-04           | 1.5E-03 |
| TOTAL                | 1(H)                       | 7.7E-04                      | 3.4E-04  | 3.4E-04        | 2.7E-03           | 4.1E-03 |

CONCENTRAÇÕES META ESPECÍFICAS DA ÁREA  
CMEA



Valores máximos encontrados, valores máximos admitidos na área para água subterrânea (CMEA, em mg/L) no Cenário 1.

| COMPOSTO              | Concentração máxima encontrada (mg/L) | Solubilidade química (mg/L) | Valor máximo permitido (CMEA) (mg/L) |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Alumínio              | 3.6E+02                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Antimônio             | 8.5E-01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Arsênio               | 2.0E-01                               | 3.5E+04                     | 3.5E+04*                             |
| Bário                 | 1.8E+00                               | 5.0E+01*                    | 5.0E+01*                             |
| Cádmio                | 6.3E-02                               | 1.2E+05                     | 1.2E+05*                             |
| Cromo III             | 1.2E+00                               | 1.7E+06*                    | 1.7E+06*                             |
| Cromo VI              | 4.8E+01                               | 1.7E+06                     | 1.7E+06*                             |
| Cobalto               | 9.8E-01                               | 1.0E+05                     | 1.0E+05*                             |
| Cobre                 | 2.6E+02                               | 4.2E+05                     | 4.2E+05*                             |
| Ferro                 | 2.3E+00                               | 1.5E+03*                    | 1.5E+03*                             |
| Chumbo                | 3.9E-01                               | 3.0E+03                     | 3.0E+03*                             |
| Manganês              | 7.3E+00                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Níquel                | 6.1E+02                               | 1.7E+05*                    | 1.7E+05*                             |
| Zinco                 | 6.6E+01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Cis-1,2-Dicloroeteno  | 1.3E-01                               | 3.5E+03                     | 5.2E+01                              |
| Tetracloroeteno (PCE) | 1.9E-01                               | 2.0E+02                     | 4.3E+00                              |

\*O valor CMEA foi igualado ao limite de solubilidade, que não pode ser excedido

Valores máximos encontrados, valores máximos admitidos na área para água subterrânea (CMEA, em mg/L) no Cenário 2.

| COMPOSTO              | Concentração máxima encontrada (mg/L) | Solubilidade química (mg/L) | Valor máximo permitido (CMEA) (mg/L) |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Alumínio              | 3.6E+02                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Antimônio             | 8.5E-01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Arsênio               | 2.0E-01                               | 3.5E+04                     | 3.5E+04*                             |
| Bário                 | 1.8E+00                               | 5.0E+01*                    | 5.0E+01*                             |
| Cádmio                | 6.3E-02                               | 1.2E+05                     | 1.2E+05*                             |
| Cromo III             | 1.2E+00                               | 1.7E+06*                    | 1.7E+06*                             |
| Cromo VI              | 4.8E+01                               | 1.7E+06                     | 1.7E+06*                             |
| Cobalto               | 9.8E-01                               | 1.0E+05                     | 1.0E+05*                             |
| Cobre                 | 2.6E+02                               | 4.2E+05                     | 4.2E+05*                             |
| Ferro                 | 2.3E+00                               | 1.5E+03*                    | 1.5E+03*                             |
| Chumbo                | 3.9E-01                               | 3.0E+03                     | 3.0E+03*                             |
| Manganês              | 7.3E+00                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Níquel                | 6.1E+02                               | 1.7E+05*                    | 1.7E+05*                             |
| Zinco                 | 6.6E+01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Cis-1,2-Dicloroeteno  | 1.3E-01                               | 3.5E+03                     | 3.5E+03*                             |
| Tetracloroeteno (PCE) | 1.9E-01                               | 2.0E+02                     | 2.0E+02*                             |

\*O valor CMEA foi igualado ao limite de solubilidade, que não pode ser excedido

Valores máximos encontrados, valores máximos admitidos na área para solo (CMEA, em mg/kg) no Cenário 2.

| COMPOSTO  | Concentração máxima encontrada (mg/kg) | Solubilidade química (mg/kg) | Valor máximo permitido (CMEA) (mg/kg) |
|-----------|----------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Bário     | 8.60E+02                               | 5.00E+01                     | 9.50E+04                              |
| Cádmio    | 3.00E+01                               | 1.20E+05                     | 3.80E+00                              |
| Cromo III | 1.20E+03                               | 1.70E+06                     | 1.00E+06                              |
| Níquel    | 3.00E+02                               | 1.70E+05                     | 3.20E+04                              |
| Zinco     | 2.30E+03                               | 1.00E+03                     | 4.10E+05                              |

Valores máximos encontrados, valores máximos admitidos na área para água subterrânea (CMEA, em mg/L) no Cenário 3.

| COMPOSTO              | Concentração máxima encontrada (mg/L) | Solubilidade química (mg/L) | Valor máximo permitido (CMEA) (mg/L) |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Alumínio              | 3.6E+02                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Antimônio             | 8.5E-01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Arsênio               | 2.0E-01                               | 3.5E+04                     | 9.5E+01                              |
| Bário                 | 1.8E+00                               | 5.0E+01*                    | 5.0E+01*                             |
| Cádmio                | 6.3E-02                               | 1.2E+05                     | 5.70E+01                             |
| Cromo III             | 4.8E+01                               | 1.7E+06*                    | 1.7E+06*                             |
| Cromo VI              | 1.2E+00                               | 1.7E+06                     | 3.4E-02                              |
| Cobalto               | 9.8E-01                               | 1.0E+05                     | 1.7E-03                              |
| Cobre                 | 2.6E+02                               | 4.2E+05                     | 1.3E+05                              |
| Ferro                 | 2.3E+00                               | 1.5E+03*                    | 1.5E+03*                             |
| Chumbo                | 3.9E-01                               | 3.0E+03                     | 1.2E+03                              |
| Manganês              | 7.3E+00                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Níquel                | 6.1E+02                               | 1.7E+05*                    | 1.7E+05*                             |
| Zinco                 | 6.6E+01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Cis-1,2-Dicloroeteno  | 1.3E-01                               | 3.5E+03                     | 2.1E+02                              |
| Tetracloroeteno (PCE) | 1.9E-01                               | 2.0E+02                     | 4.4E-01                              |

\*O valor CMEA foi igualado ao limite de solubilidade, que não pode ser excedido



Valores máximos encontrados, valores máximos admitidos na área para água subterrânea (CMEA, em mg/L) no Cenário 4.

| COMPOSTO              | Concentração máxima encontrada (mg/L) | Solubilidade química (mg/L) | Valor máximo permitido (CMEA) (mg/L) |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Alumínio              | 3.6E+02                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Antimônio             | 8.5E-01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Arsênio               | 2.0E-01                               | 3.5E+04                     | 3.5E+04*                             |
| Bário                 | 1.8E+00                               | 5.0E+01*                    | 5.0E+01*                             |
| Cádmio                | 6.3E-02                               | 1.2E+05                     | 1.2E+05*                             |
| Cromo III             | 1.2E+00                               | 1.7E+06*                    | 1.7E+06*                             |
| Cromo VI              | 4.8E+01                               | 1.7E+06                     | 1.8E+00                              |
| Cobalto               | 9.8E-01                               | 1.0E+05                     | 2.3E-01                              |
| Cobre                 | 2.6E+02                               | 4.2E+05                     | 4.2E+05*                             |
| Ferro                 | 2.3E+00                               | 1.5E+03*                    | 1.5E+03*                             |
| Chumbo                | 3.9E-01                               | 3.0E+03                     | 3.0E+03*                             |
| Manganês              | 7.3E+00                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Níquel                | 6.1E+02                               | 1.7E+05*                    | 1.7E+05*                             |
| Zinco                 | 6.6E+01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Cis-1,2-Dicloroeteno  | 1.3E-01                               | 3.5E+03                     | 3.5E+03*                             |
| Tetracloroeteno (PCE) | 1.9E-01                               | 2.0E+02                     | 4.3E+00                              |

\*O valor CMEA foi igualado ao limite de solubilidade, que não pode ser excedido

Valores máximos encontrados, valores máximos admitidos na área para água subterrânea (CMEA, em mg/L) no Cenário 5.

| COMPOSTO              | Concentração máxima encontrada (mg/L) | Solubilidade química (mg/L) | Valor máximo permitido (CMEA) (mg/L) |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Alumínio              | 3.6E+02                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Antimônio             | 8.5E-01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Arsênio               | 2.0E-01                               | 3.5E+04                     | 3.5E+04*                             |
| Bário                 | 1.8E+00                               | 5.0E+01*                    | 5.0E+01*                             |
| Cádmio                | 6.3E-02                               | 1.2E+05                     | 1.2E+05*                             |
| Cromo III             | 1.2E+00                               | 1.7E+06*                    | 1.1E+00                              |
| Cromo VI              | 4.8E+01                               | 1.7E+06                     | 8.5E-02                              |
| Cobalto               | 9.8E-01                               | 1.0E+05                     | 2.3E-01                              |
| Cobre                 | 2.6E+02                               | 4.2E+05                     | 4.2E+05*                             |
| Ferro                 | 2.3E+00                               | 1.5E+03*                    | 1.5E+03*                             |
| Chumbo                | 3.9E-01                               | 3.0E+03                     | 3.0E+03*                             |
| Manganês              | 7.3E+00                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Níquel                | 6.1E+02                               | 1.7E+05*                    | 1.7E+05*                             |
| Zinco                 | 6.6E+01                               | 1.0E+03*                    | 1.0E+03*                             |
| Cis-1,2-Dicloroeteno  | 1.3E-01                               | 3.5E+03                     | 2.2E+01                              |
| Tetracloroeteno (PCE) | 1.9E-01                               | 2.0E+02                     | 1.6E+00                              |

\*O valor CMEA foi igualado ao limite de solubilidade, que não pode ser excedido



DOAÇÃO \_\_\_\_\_  
*IGC-USP*  
Data: *20/02/09*



