

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE BENZENO,
TOLUENO, XILENOS, ETILBENZENO E METAIS NO
SOLO E SUBSOLO DE UMA INDÚSTRIA E AVALIAÇÃO
CRÍTICA DO SISTEMA DE REMEDIAÇÃO MPE (MULTI-
PHASE EXTRACTION).**

RODRIGO MARTINS DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo (GSA)

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF2007/38)**

TF
S586
RM.c

SÃO PAULO
2007

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE BENZENO,
TOLUENO, XILENOS, ETILBENZENO E METAIS NO SOLO E
SUBSOLO DE UMA INDÚSTRIA E AVALIAÇÃO CRÍTICA DO
SISTEMA DE REMEDIAÇÃO MPE (MULTI-PHASE
EXTRACTION).**

RODRIGO MARTINS DA SILVA



Orientador: Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo (GSA)

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

(TF2007/38)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024318

SÃO PAULO

2007

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Relevância do Projeto	1
2. METAS E OBJETIVOS	2
3. TRABALHOS PRÉVIOS	3
3.1. Características dos Contaminantes em Subsuperfície	3
3.1.1. BTEX.....	3
3.1.2. Metais.....	4
3.2. Método de Remediação:	4
3.3. Caracterização da área de estudo.....	6
3.3.1. Estruturas regionais.....	6
3.3.2. Geologia Regional	6
3.3.3. Hidrogeologia	7
3.4. Histórico da Área.....	8
4. MATERIAIS E MÉTODOS	9
4.1. Caracterização dos procedimentos de investigação adotados	9
4.1.1. Sondagens	9
4.1.2. Amostragens de Solo	9
4.1.3. Instalação de poços de monitoramento	10
4.1.4. Amostragem de Água Subterrânea.....	10
4.2. Caracterização da Área de Estudo.....	11
4.3. Características operacionais do método de remediação	11
4.3.1. Lista de Equipamentos	11
4.3.2. Dimensionamento das Linhas de Extração	12
4.3.3. Poços de Extração.....	12
4.3.4. Monitoramento operacional.....	12
5. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	13
6. RESULTADOS OBTIDOS.....	14
6.1. Caracterização Geológica e Hidrogeológica da área de estudo	14
6.1.1. Geologia	14
6.1.2. Hidrogeologia	14
6.2. Consolidação da situação ambiental da área	16

6.2.1.	Solo	16
6.2.2.	Água Subterrânea:.....	16
6.3.	Avaliação do sistema de remediação MPE	18
6.3.1.	Caracterização do Método.....	18
6.3.2.	Logística Operacional do Método	22
6.3.3.	Evolução da Fase Livre	23
6.3.4.	Avaliação do Método	24
7.	CONCLUSÃO	25
7.1.	Caracterização Ambiental	25
7.2.	Método de Remediação	26
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

ANEXOS

Anexo 1 – Resultados Analíticos

Anexo 2 – Mapas e Seções Geológicas

RESUMO

O presente trabalho tem como enfoque principal a caracterização ambiental de uma área industrial na região metropolitana de São Paulo, na qual há a presença de contaminação pelos compostos orgânicos voláteis Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xilenos (BTEX) e também Metais, no solo e na água subterrânea da área de estudo.

Adicionalmente esta monografia realizou ainda uma avaliação crítica do método de remediação *Multi-phase Extration* (MPE), implantado no local para a remoção dos compostos orgânicos voláteis por meio de um sistema de extração multifásica de vapor e líquidos.

Os dados apresentados neste trabalho são embasados em trabalhos em desenvolvimento por uma renomada empresa de consultoria, acompanhados pelo aluno relator do então projeto e gentilmente cedidos para composição da monografia.

Para a caracterização dos contaminantes em sub-superfície foram realizadas sondagens de solo e instalação de poços de monitoramento com intuito de amostrar o solo e a água subterrânea para a análise dos compostos já acima citados.

Com base em tais amostragens foi possível estabelecer um maior grau de conhecimento do comportamento dos contaminantes no solo e água subterrânea e assim delimitar a extensão lateral dos mesmos. Evidenciando dessa forma, a ocorrência amplamente distribuída dos BTEX na área e minoritariamente os metais.

Além disso, foi ainda estabelecida a direção preferencial NE-SW para o fluxo dos contaminantes através da elaboração de mapas de isoconcentração para os compostos BTEX que apresentaram plumas de contaminação de maior extensão.

Por fim a avaliação crítica do método de remediação permitiu um estudo detalhado de seus componentes e procedimentos operacionais e além da análise da eficiência do mesmo em remover os contaminantes alvos.

Com esse estudo foi possível afirmar, de modo conclusivo, que o método é aplicável ao contexto no qual ele foi implantado, sendo que, de modo global, a tendência de remoção de fase livre foi positiva.

ABSTRACT

This project presents as main objective, the environmental characterization of an industrial area in the Metropolitan Region of São Paulo, which there is an occurrence of contamination in soil and groundwater by the organic compounds Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene (BTEX) and Metals.

Furthermore, this monograph has built a critical evaluation of the remediation method called Multi-phase Extraction (MPE), sited in the place to remove volatile organic compounds through a multi-phase extraction of the liquid and vapor.

The presented data of this research is based in working projects of an environmental consultancy company, followed by the student writer of this study and kindly conceded to compose the monograph.

Trough the realized samples could be possible to improve the degree of knowledge of the contaminants behavior in soil and groundwater and also limit the extension of themselves. This results shows a widely spread occurrence of the BTEX in the area e and minoritily metals.

In addition, it was established a main direction for the contaminant flux by the construction of BTEX isoconcentration maps, which revealed larger contamination plumes.

Finally, the critical evaluation of the remediation method allows the creation of a detailed study of components and operational procedures used in that case, besides the MPE efficiency analysis in target contaminants removal.

By this studies, it was possible prove that the method is applicable in context which it is sited, showing globally a positive tendency of free phase removal.

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente de agradecer aos meus pais pela ótima formação que eu tive e por toda a dedicação ao longo desses anos. Sem eles nada disso teria sido possível.

Agradeço também à minha namorada, minha querida irmã e todos meus familiares que me apoiaram incontestavelmente em todos os momentos.

Ao Professor Dr. Joel Barbujani Sígolo pelo suporte e orientação concedidos o que nos permitiu assim, atingir os resultados esperados.

Aos colegas de turma com os quais dividi muitas experiências, tanto pessoais como acadêmicas ao longo desses cinco anos.

Gostaria de agradecer também à empresa de consultoria na qual faço estágio e à indústria alvo de estudo, que cederam gentilmente os dados para elaboração dessa monografia. Nesse caso, vale ainda o meu agradecimento a cada colega de empresa que me auxiliou de forma muito importante no desenvolvimento dos trabalhos.

Agradeço à Universidade de São Paulo e ao Instituto de Geociências que deram toda a infra-estrutura de estudo, para que ao final do curso eu tivesse a formação acadêmica necessária para elaborar o trabalho final.

Por fim, agradeço a Deus pela minha vida.

1. INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento urbano-industrial está relacionado diretamente com a degradação do meio ambiente, contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas. Há inúmeras causas para a contaminação do solo e da água subterrânea, com base nos dados da Relação de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo descritos pela CETESB (2006). Postos de gasolina apresentam-se como os maiores agentes em número de ocorrências de poluição de solos e de comprometimento de aquíferos no estado de São Paulo, seguido pela atividade industrial.

A partir da realidade criada por tal processo, a busca por melhorias da qualidade ambiental foi intensificada gerando inúmeros avanços nas ciências aplicadas a tal área, entre elas a geologia. Dessa forma foram criados muitos modelos e métodos para investigação e remediação de áreas contaminadas.

Um dos métodos de remediação de uso abrangente é o MPE (*Multi-Phase Extraction*), representando um conceito de remediação *in-situ* através da extração a vácuo de forma simultânea de uma fase vapor e uma fase líquida no ambiente contaminado.

O projeto em questão que fundamenta este TF visa realização de uma investigação confirmatória e conclusiva a respeito da existência compostos orgânicos e metais provindos de atividade industrial, assim como apresentar uma análise crítica ambiental do método de remediação acima citado, tomando como exemplo uma remediação já implantada por renomada empresa de consultoria sediada na capital de São Paulo e na qual o aluno envolvido neste TF encontra-se trabalhando como estagiário.

Neste caso, os dados apresentados a seguir são embasados em trabalhos em desenvolvimento pela empresa, acompanhados pelo aluno relator do então projeto e gentilmente cedidos para composição da monografia.

1.1. Relevância do Projeto

No relatório da CETESB (2006) é apontada à presença de um número crescente de casos de contaminação no estado de São Paulo, em novembro de 2006 totalizam-se perto de 1.822 áreas contaminadas. Desse total apenas 37% dos casos já apresentam projeto de remediação em andamento.

A área em estudo, inserida em tal contexto, contempla um caso de contaminação do solo e da água subterrânea em uma fábrica de tintas situada na Região Metropolitana de São Paulo.

Com base em tal prognóstico negativo, exemplificado através da área de estudo, fica evidente a existência de uma grande demanda por execução de estudos de investigação e remediação nessa linha.

Cada caso necessita de um método adaptado a seu contexto geológico, pedológico e hidroquímico/hidrológico, fazendo-se em um primeiro momento necessário a implantação de diversos métodos de diagnose do meio, bem como do mais adequado mecanismo para execução de sua efetiva remedição.

Por fim para atuar-se de forma eficiente no tratamento de áreas contaminadas um estudo detalhado do meio e uma avaliação crítica sobre o MPE apresentam-se como algo de grande importância e valia técnico/científica para a área da geologia ambiental.

2. METAS E OBJETIVOS

O objetivo principal desse trabalho de formatura é a realização de uma investigação confirmatória e conclusiva a respeito da existência já preliminarmente estudada de compostos orgânicos BTEX e metais (Ar, Pb, Cr total, Cr VI, Hg, Ni, Zn, Fe II, Fe III) provindos de atividade industrial (Fábrica de Tintas).

Nesse caso, diversas metodologias investigativas foram empregadas ao longo desse semestre no intuito de delimitar a presença de poluentes na porção não saturada e saturada do solo circunscrito à empresa. Em uma segunda etapa a descrição do método de remediação fundamentado no MPE (*multi-phase extraction*) para a remoção dos compostos orgânicos.

Nesta segunda etapa foi descrito o funcionamento do método, permitindo assim estabelecer um claro conhecimento de seus procedimentos operacionais, seus principais usos, criando uma relação direta com as diversas formas de implantação e sua respectiva eficiência em cada caso específico (análise crítica do método).

Assim essa proposta traz em seu bojo o estabelecimento de um estudo comparativo teórico-prático da efetiva aplicabilidade do método e de seu comportamento como resultado prático no contexto hidrogeológico e pedológico no qual o sistema está implantado.

Apesar dos metais serem conhecidamente presentes na área e fazerem parte dos objetivos de estudo da etapa de investigação ambiental, não serão abordados no então trabalho as técnicas de remediação para os mesmos, não fazendo assim parte dos objetivos de estudo.

3. TRABALHOS PRÉVIOS

3.1. Características dos Contaminantes em Subsuperfície

3.1.1. BTEX

Os compostos orgânicos BTEX são hidrocarbonetos aromáticos baseados em anéis de benzeno contendo seis átomos de carbono com ligações simples e duplas alternadas, apresentam significativa solubilidade na água e são caracterizados como compostos orgânicos voláteis (VOC's) por apresentarem constante da Lei de Henry maior que 10^{-5} (atm·m³/mol) (Fetter, 1999 e USEPA 2004).

A tabela 01 ilustra as características algumas características dos BTEX:

Tabela 01 – propriedades dos compostos orgânicos BTEX – Fonte: (EPA, 1990)

BTEX	Densidade* (g/cm ³)	Viscosidade Dinâmica* (cp)	Solubilidade em Água* (mg/l)	Pressão de Vapor *(mm Hg)	Constante da lei de Henry* (atm· m ³ /mol)
Benzeno	0.8765	0.6468	1.78 E+03	76	5.43 E-03 ⁽¹⁾ .
Etilbenzeno	0.867	0.678	1,52 E+02	7	7.9 E-03 ⁽¹⁾ .
Tolueno	0.8669	0.58	5. 15 E+02	22	6.61 E-03 ⁽¹⁾ .
m-Xileno	0.8642 ⁽¹⁾ .	0.608	2 E+02	9	6.91 E-03 ⁽¹⁾ .
o-Xileno	0.880 ⁽¹⁾ .	0.802	1.7 E+02	7	4.94 E-03 ⁽¹⁾ .
p-Xileno	0.8610 ⁽¹⁾ .	0.635	1.98 E+02 ⁽¹⁾ .	9	7.01 E-03 ⁽¹⁾ .

* Valores a 20°C com exceções ⁽¹⁾.

⁽¹⁾. Valores a 25°C

Apesar dos BTEX apresentarem uma considerável solubilidade, eles não são totalmente solúveis em água assim como muitos outros compostos orgânicos. Quando o limite de solubilidade é atingido eles formam tanto uma fase dissolvida como uma fase imiscível sobrenadante ou LNAPL (*light non-aqueous phase liquid*) (Schwille 1981 apud Fetter, 1999). Os constituintes dos LNAPLs podem co-existir em quatro fases distintas, sendo elas a fase livre (imiscível) em si, a aquosa (dissolvida), a gasosa e por fim adsorvida ao solo (Newell *et al.*, 1995).

Segundo Newell *et al.* (1995) o transporte dos NAPL em subsuperfície é governado por fatores de características dos contaminantes assim como do material presente em subsuperfície, dessa forma parâmetros como densidade, viscosidade, tensão interfacial, molhabilidade, pressão capilar e saturação dos poros podem influenciar a distribuição e migração de tais compostos. Em EPA (1990) são listados mais algumas propriedades de relevante importância como pressão de vapor, constante

da lei de Henry, coeficiente de partição Octanol/Água (K_{ow}) e o coeficiente de partição Carbono Orgânico/Água (K_{oc}).

Os compostos orgânicos acima citados podem sofrer degradação tanto em ambientes aeróbico como anaeróbico. No caso do benzeno em ambientes aeróbicos ocorre em um primeiro estágio a quebra dos anéis aromáticos e a substituição de dois hidrogênios por duas hidroxilas, e depois em um segundo estágio o benzeno é totalmente quebrado para formar um ácido bicarboxílico (Fetter, 1999).

Para ambientes anaeróbicos (Evans, 1977 *apud* Fetter, 1999) é descrita a degradação do benzeno na presença de nitrato por bactérias *Pseudomas* sp. e *Moraxella* sp, nessa situação o benzeno é primeiro transformado em ciclohexano, depois oxidado para uma acetona e finalmente ocorre a hidrólise para formar ácido carboxílico.

3.1.2. Metais

Os metais são cátions, que apresentam de modo geral mobilidade limitada no solo e na água subterrânea em decorrência de fenômenos como troca iônica e adsorção pela superfície dos minerais, além disso, é possível que ocorra precipitação dos mesmos no meio através da variação de solubilidade devido a mudanças das condições de pH e Eh (Fetter, 1999).

Em alguns casos, os metais podem se imobilizar por precipitação ou incorporação na estrutura cristalina de argilas (Moore *et al.*, 1993, *apud* Pichtel *et al.*, 1997). Por outro lado, alterações no pH, na quantidade de matéria orgânica, e nas concentrações de íons complexantes, podem solubilizar esses metais, tornando-os disponíveis para plantas ou para serem lixiviados através do perfil. A forma geoquímica de um metal no solo afeta sua solubilidade, e afeta diretamente sua biodisponibilidade (Pichtel *et al.*, 1997).

No trabalho Alloway (1995) é apresentado um estudo geoquímico bastante abrangente sobre metais em solos, sendo descrito diversas características que influenciam no comportamento de metais no solo, de forma adicional ao que foi acima apresentado é interessante citar o fenômeno de adsorção dos metais Co, Cr, Cu, Mn, Mo, V, Zn por argilo-minerais de óxidos de Fe e Mn.

3.2. Método de Remediação:

No trabalho de CETESB (1999) o conceito de remediação de áreas contaminadas é definido como a implantação de medidas que visam o saneamento do material contaminado e/ou na contenção e isolamento das fontes de contaminação, permitindo assim atingirem-se os objetivos estabelecidos com base no projeto de remediação.

O modelo de remediação MPE insere-se de forma abrangente na categoria de remediação *in-situ*, sendo este capaz da remoção simultânea de mais de uma fase fluida de poços ou trincheiras. Tais fases geralmente incluem ar (fase gasosa com presença de vapores orgânicos) e água (fase líquida com constituintes dissolvidos), e ainda podendo apresentar LNAPL (EPA 1997).

O *Multi-phase extraction* pode ser aplicado usualmente a partir de três métodos, o *Dual-phase extraction* (DPE), o *Two-phase extraction* (TPE) e o *Bioslurping* (Baker e Becker 1999).

No *Dual-phase extraction* (DPE) os gases no solo e o líquido são extraídos do poço até a superfície por mangueiras separadas através de bombas distintas.

Em tal configuração, uma mangueira com bomba submersível na zona saturada extrai o líquido, que pode ser LNAPL (*light non-aqueous phase liquid*) ou água subterrânea, até um sistema de tratamento externo e em seguida para o local de disposição. De forma simultânea os gases no solo são extraídos através da criação de vácuo na boca do poço. Esse gás é levado ao separador gás líquido para o posterior tratamento da fase gasosa (EPA 1997).

Por outro lado, o método *Two-phase extraction* (TPE) utiliza o procedimento de extração de líquido e gás com retirada simultânea dos componentes através de uma mesma mangueira. Através de uma única fonte de vácuo é capaz de ser extraída tanto a fase líquida quanto gasosa, sendo estas posteriormente enviadas a um separador gás-líquido. Por vezes ainda é necessária a instalação de um sistema separador óleo-água (EPA 1997).

Segundo (Baker e Becker 1999; AFCEE 1997) o *Bioslurping* caracteriza-se como uma forma de TPE que visa uma recuperação máxima de LNAPL estimulando ainda o *Bioventing* na zona não saturada.

O *Bioslurping* realiza a sucção posicionando-se na interface LNAPL-água induzindo um gradiente de pressão que faz com que água, LNAPL e gás fluam em direção ao poço. Assim como no *Two-phase extraction* o material bombeado do poço segue para um separador gás-líquido e subseqüentemente até um separador óleo-água (EPA 1997).

De modo geral a eficiência das tecnologias do MPE depende diretamente das características do *site*, incluindo a geologia, hidrogeologia e as características do contaminante.

O MPE tende a ser menos eficiente para: aquíferos de alta permeabilidade e litologias compostas de seixos e cascalhos; fluxos rápidos de água subterrânea; e contaminantes alvo que não são compostos voláteis (i. e. inorgânicos e semivoláteis) (EPA 1997).

Com relação aos métodos descritos acima é possível afirmar que o DPE é aplicável em contextos de moderada permeabilidade ($>10^{-3}$ darcy) até baixa permeabilidade ($< 10^{-2}$ darcy) e o TPE apenas em baixa permeabilidade (EPA 1997).

3.3. Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na região metropolitana de São Paulo e as características do meio físico de seu entorno, pertinentes ao enfoque do estudo, são apresentadas a seguir.

3.3.1. Estruturas regionais

O arcabouço estrutural da área é composto regionalmente por zonas de falhamento transcorrente de direção NE-SW que afetaram as rochas do embasamento, ocorrendo localmente os falhamentos Caucaia e Taxaquara, (Hasui, 1973).

Segundo Coutinho (1972), tais estruturas presentes possuem direção preferencial N40°E e mergulho variando entre 0 e 90°, sendo que o há predomínio de mergulhos entre 45 e 90°. Hasui (1973) descreve a ocorrência de foliações conspícuas a zona transcorrente, orientadas segundo a zona de falha, com direções N50°E e mergulhos de 70-90°.

3.3.2. Geologia Regional

Regionalmente na área em estudo são observadas, de modo geral, rochas do Supergrupo Acungui, do Terreno Embu, do Grupo Taubaté e ainda depósitos aluvionares quaternários (Hasui *et al.*, 1976 e Perrota *et al.*, 2006).

O Grupo Votuverava, definido por Bigarella e Salamuni (1958), insere-se no Supergrupo Açungui.

No trabalho de Perrota *et al.* (2006) o Grupo Votuverava é descrito como uma unidade terrígena, composta por metassiltitos, maciços a muito foliados, que preservam acamamento, com estratificações plano-paralelas e cruzadas e granodecrescência ascendente.

Esta unidade, acima mencionada, alterna-se com metargilitos com clorita e mica branca (por vezes grafitosos), foliados; metarenitos lenticulares, geralmente maciços, com estruturas do tipo *climbing*; metaconglomerados polimíticos, com estruturas do tipo gradação de seixos (Perrota *et al.* 2006).

O conjunto de granitóides quimicamente indiferenciados, pré a sincolisionais, do Terreno Embu foram descritos por Perrota *et al.* (2006), como sendo dois corpos graníticos distintos, sendo apenas o primeiro sem designação específica, inserido na área de estudo. Tal litotipo ocorre alojado na unidade de xistos, localmente migmatíticos do Complexo Embu, próximo à zona de falhamento de Caucaia.

Em Hasui *et al.* (1976) são descritos tais corpos, acima citados, como granitóides heterogêneos de natureza granodiorítica a quartzo-diorítica, com porfiroblastos de microclíneo e plagioclásio.

Outra ocorrência de rochas do Terreno Embu também descrita em Perrota *et al.* (2006) são os granitóides foliados peraluminosos, tipo S, pré a sincolisionais, que englobam quase três dezenas de corpos graníticos de estrutura alongada, ocorrendo no centro-sul e leste do Estado de São Paulo, até a divisa com o estado do Rio de Janeiro. Nos arredores da área estudada, ocorrem de modo geral os granitos Itatuba, Itapequerica da Serra.

Os granitos, acima apresentados, são descritos como biotita granitos porfíricos mais máficos e muscovita-biotita leucogranitos equigranulares, de modo geral, podendo ainda ocorrer corpos aplíticos de leucogranitos com turmalina e granada nos muscovita-biotita leucogranitos equigranulares (Perrota *et al.*, 2006).

As rochas sedimentares do Grupo Taubaté, inseridos no contexto geológico do Rift Continental do Sudeste do Brasil, preenchem as bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda e compreendem as formações Resende, Tremembé e São Paulo, segundo a concepção de Riccomini (1989).

Na Formação São Paulo ocorre arenitos grossos, conglomeráticos, localmente conglomerados, com granodecrescência ascendente para o topo até siltitos e argilitos. Apresentam estratificações cruzadas de portes variados, geometria plano-côncava e bases erosivas (Riccomini 1989).

Nas bases dos arenitos grossos são observados clastos argilosos de dimensões centimétricas. Frequentemente as camadas siltosas e os argilitos do topo são laminados, ocasionalmente fossilíferos. (Riccomini 1989).

Em outro conjunto, observam-se arenitos grossos que gradam para sedimentos mais finos, até siltitos e argilitos, e apresentam estruturas gradacionais normais, rítmicas, estratificações cruzadas plano-paralelas horizontais, com grande persistência lateral (Riccomini 1989).

Os depósitos aluvionares quaternários constituem sedimentos de margens, fundos de canal e planícies de inundação de rios, que podem apresentar areias, cascalheiras, siltes, argilas e, localmente turfas, resultantes dos processos de erosão, transporte e deposição a partir de áreas-fonte diversas (Perrota *et al.*, 2006).

3.3.3. Hidrogeologia

No trabalho de Hirata & Ferreira (2001) os sistemas aquíferos da bacia do alto Tietê são classificados como Sistema Aquífero sedimentar e Sistema Aquífero Cristalino (SAC).

Sistema Aquífero sedimentar (SAS) é definido como um sistema aquífero livre a semi-confinado, de porosidade primária com grande presença de heterogeneidades, sendo as rochas constituintes desse sistema os sedimentos, pertencentes ao Grupo Taubaté (Terciário, Paleógeno), subdividido nas formações Resende, Tremembé e São Paulo, superpostos pela Formação Itaquaquecetuba (Terciário, Neógeno) e por depósitos neoceno-zóicos (Hirata & Ferreira, 2001).

O Sistema Aquífero Cristalino (SAC) ocorre associado às rochas cristalinas do embasamento. De acordo com o comportamento hidrogeológico das rochas, podem-se distinguir duas unidades neste sistema (Hirata & Ferreira, 2001).

Uma das unidades está relacionada à decomposição das rochas cristalinas, conhecida como manto de alteração, que forma um aquífero de porosidade granular bastante heterogêneo, de natureza livre, com espessuras médias de 50 m (Hirata & Ferreira, 2001).

A outra unidade está situada abaixo do manto de intemperismo e conectada hidraulicamente com a mesma, é conhecida como Aquífero Cristalino propriamente dito. Nesta unidade as águas circulam por descontinuidades rúpteis da rocha (fraturas e falhas abertas). Esta unidade é de caráter livre a semi-livre e heterogêneo e anisotrópico.

O Sistema Aquífero Cristalino apresenta características de produtividades que variam segundo a litologia dos aquíferos. Em aquífero de rochas granitóides, a capacidade específica (Q/s) média é de 0,20 m³/h/m (Hirata & Ferreira, 2001).

3.4. Histórico da Área

A indústria alvo do presente estudo é uma empresa fabricante de tintas a base de água e resinas e está instalada na área região desde a década de 70.

No ano de 2000, através de estudos realizados pela empresa de consultoria ambiental, foi constatado que houve no passado contaminação do solo e da água subterrânea, sendo possivelmente as fontes dessa contaminação as antigas linhas enterradas de solventes que ligavam os tanques de armazenamento à área de produção, linha de concreto enterrada que transportava efluentes até uma caixa separadora, no sistema de tratamento de efluentes e finalmente o próprio tanque separador de resinas.

A partir destas instalações, ocorreram infiltrações e vazamentos de solventes, o que acarretou na formação de uma pluma não estacionária, contendo principalmente benzeno, tolueno, xileno, etilbenzeno em fase dissolvida e sobrenadante assim como, minoritariamente a presença de metais, deslocando-se no sentido SW, ou seja, em direção ao flanco sul das instalações industriais.

O período no qual se iniciaram tais vazamentos é desconhecido assim como, a duração dos mesmos. Atualmente não há notificações, nem evidências de vazamentos recentes, sendo assim a hipótese de presença de fonte ativa foi desconsiderada nesse estudo.

Do ano de 2000 em diante foram realizados alguns trabalhos de detalhamento e monitoramento na área estudada até o presente momento, no qual se elaborou um trabalho

de consolidação e validação das informações anteriormente obtidas. Tais dados citados são de acesso restrito e não serão detalhados neste trabalho.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização dos procedimentos de investigação adotados

Para realização da investigação ambiental da área foram realizadas sondagens para amostragem de solo, assim como a instalação de poços de monitoramento para a amostragem da água subterrânea.

Tanto no solo como na água subterrânea as amostragens foram realizadas para analisar os compostos orgânicos BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos) e Metais.

Para visualização da posição dos poços e sondagens presentes na área de estudo foi ainda elaborado um mapa de atividades com a localização exata dos mesmos (ver fig. 01 – Anexo 02).

Dessa forma são listados a seguir os métodos de investigação selecionados assim como os padrões utilizados:

4.1.1. Sondagens

- sondagem com adaptador para amostragem com liners;
- descrição da composição litológica do subsolo;
- identificação de indícios de contaminações (cor, medição de gases voláteis, presença de produto impregnado no solo, etc);
- coleta de amostras de solo para análises químicas em frascos apropriados;
- colocação de selos de bentonita após a coleta de amostra de solo;

4.1.2. Amostragens de Solo

No escopo de estudo do presente trabalho de formatura foram analisadas amostras de solo das sondagens realizadas para os seguintes compostos:

- 72 amostras para BTEX – Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xilenos (m-p e o);
- 39 amostras para Metais – Arsênio, Chumbo, Cromo, Cromo VI, Mercúrio, Níquel, Zinco;

Os procedimentos abaixo citados descrevem a metodologia de amostragem adotada:

- coletar amostras para os parâmetros desejados em sub-superfície;
- amostragem de solo com *liners* a cada 1,20 m;
- descrição dos aspectos organolépticos, textura e litotipo de cada amostra de solo;
- seleção das amostras mais representativas dos furos de sondagens;

- disposição das amostras em frascos de vidro limpos e sem conservante;
- preservação da amostra a temperatura entre 2 e 4°C;
- descrição do procedimento do envio das amostras na cadeia de custódia;
- encaminhamento imediato ao laboratório especializado.

4.1.3. Instalação de poços de monitoramento

O método de construção dos poços de monitoramento descritos abaixo foi baseado na norma da ABNT 13.895 (1997):

- perfuração com trado mecanizado ($\varnothing$ 6");
- descrição das litologias perfuradas;
- revestimento com PVC geomecânico ($\varnothing$ 2") com filtro com ranhuras de 0.5 mm;
- espaço anular preenchido com pré-filtro (grãos de 1 a 4 mm) até no máximo 1m acima da seção filtrante;
- selo de bentonita (30-50 cm de comprimento) para garantir o confinamento do sistema sobre o pacote de pré-filtro;
- espaço anular remanescente preenchido com solo escavado do próprio furo de sondagem;
- últimos 40 cm revestidos de concreto;
- instalação de caixa de proteção sanitária e laje de proteção;

4.1.4. Amostragem de Água Subterrânea

No escopo de estudo do presente trabalho de formatura foram analisadas amostras de água subterrânea de 95 poços de monitoramento para os seguintes compostos:

- BTEX – Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xilenos (m-p e o);
- Metais – Arsênio, Chumbo, Cromo, Cromo VI, Mercúrio, Níquel, Zinco, Ferro II, Ferro III;

Tais amostragens foram realizadas atendendo as exigências do Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (1999), sendo adotados os seguintes procedimentos:

- medida do nível d'água e cálculo do volume de água existente no poço;
- purga de 3 a 4 vezes o volume de água subterrânea do poço ou bombeá-lo com compressor até a água apresentar aspecto limpo;
- aguardar a recuperação do nível de água depois da purga;
- utilização de *bailers* de polietileno descartáveis;
- filtragem das amostras em campo (filtro com abertura de 0,45 μ m) para análise de metais;

- coleta das amostras em frascos próprios, contendo o preservante adequado para cada parâmetro a ser analisado;
- preservação das amostras a temperatura de 2 a 4°C;
- descrição do procedimento do envio das amostras na cadeia de custódia;
- encaminhamento imediato ao laboratório especializado.

4.1.5. Mapa de Atividades

O mapa de atividades, contendo todos os poços e sondagens presentes na área, encontra-se no anexo 2 – figura 01.

4.2. Caracterização da Área de Estudo

A caracterização da área de estudo utilizará os seguintes métodos:

- a) Levantamento de seções geológicas
- b) Interpretação dos dados analíticos obtidos
- c) Construção de Mapa Potenciométrico
- d) Construção de Mapas de Isoconcentrações/Fase Livre

4.3. Características operacionais do método de remediação

4.3.1. Lista de Equipamentos

Os componentes mecânicos, eletro-eletrônicos; e de tratamento e controle de efluentes empregados e utilizados neste TF em associação com as atividades da empresa de remediação são:

Componentes Elétricos e Mecânicos

- 02 Bombas de Anel Líquido para Geração de Vácuo;
- 01 Bomba Centrífuga
- 01 Tanque de Equalização de 200 litros;
- 02 Motores de 5 CV (bomba de vácuo);
- 01 Motor de 4 CV (bomba centrífuga);
- 01 Motor de 3 CV (Transferência);
- 01 Painel controlador automatizado do sistema.

Componentes de Tratamento

- 01 Tanque de Armazenamento de Fase Livre e Dissolvida (1000 litros).

Componentes de Controle de Efluentes

- Manômetro;

- Vacuômetro;
- Anemômetro;
- Hidrômetro;
- Registros de Pressão.

4.3.2. Dimensionamento das Linhas de Extração

O Sistema instalado na área, com aproximadamente 100 metros de tubulações de mangueira de alta pressão do tipo ar-vácuo de 1", foi disposto de forma subterrânea nos locais com trânsito local que impediram a disposição das linhas de extração aérea.

Os poços de extração foram conectados à tubulação de extração por meio da utilização de tampas de pressão e conjunto extrator.

4.3.3. Poços de Extração

O sistema MPE instalado utilizou os poços já existentes na área, para transformá-los em poços de extração MPE, sendo também instalado um poço adicional em substituição a outro poço já implantado na área.

Os poços de extração são constituídos por um tubo geomecânico de PVC de 02 polegadas, com secção filtrante partindo da base do poço até cerca de 1,0 metros acima do nível d'água local. O espaço anelar entre a perfuração e o filtro foi preenchido com areia granulada lavada, tipo Jacareí, da base da perfuração até aproximadamente 0,5 metro acima da parte superior da secção filtrante, de acordo com a norma ABNT NBR 13895 – Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem (Jun/97).

Foram construídos selos sanitários de concreto em todos os poços, sendo o acabamento feito com a instalação de câmaras de calçada metálicas, que possibilitem a conexão do sistema de extração e tubulações.

4.3.4. Monitoramento operacional

O monitoramento da eficiência do sistema deve ser realizado através da: medição da espessura de fase livre nos poços de extração, o nível d'água local.

5. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O cronograma abaixo (tabela 02) ilustra as atividades realizadas ao decorrer do ano que permitiram a realização da então monografia dentro dos prazos e padrões pré-estabelecidos pela Comissão de Trabalho de Formatura (CTF).

Tabela 02 – Cronograma das atividades do projeto

Atividades	2007									
	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Revisão Bibliográfica										
Compilação dos dados existentes										
Amostragem de Água Subterrânea e Solo										
Caracterização da área de estudo										
Análises dos dados analíticos obtidos										
Caracterização do método de remediação (em campo)										
Estudo de eficiência do método de remediação										
Monografia										
Resumo										
Apresentação da Monografia										

Apesar de o projeto ter sido iniciado tardiamente em decorrência da necessidade de migração de um projeto anterior para o atual, o andamento das atividades não foi prejudicado.

Dessa forma foi desenvolvida, ao longo dos meses restantes, essa monografia, entendendo-se que realizado de forma eficiente, sempre respeitando as limitações de sigilo e confidencialidade dos dados apresentados em relação ao cliente que os cedeu para serem aqui utilizados nesse projeto.

Dessa maneira o autor do projeto e seu orientador julgam que o projeto atingiu as metas estabelecidas, sendo possível afirmar que os objetivos foram atingidos assim como foi proposto.

6. RESULTADOS OBTIDOS

6.1. Caracterização Geológica e Hidrogeológica da área de estudo

6.1.1. Geologia

Com base nas seções geológicas A, B, C e D (Anexo 2 - figs. 2, 3, 4 e 5), construídas através das informações dos furos de sondagem existentes na área, observa-se localmente a presença de um perfil de alteração de litotipos do Terreno Embu, depósitos aluvionares referentes ao córrego local e camadas não contínuas de aterro.

Tal configuração geológica insere-se no seguinte contexto estratigráfico descrito da seguinte forma da base para o topo:

- rocha sã do embasamento gnáissico do Terreno Embu (sem descrição de sondagem), com topo rochoso por volta de 40 m;

- solo de alteração de rocha gnáissica do Terreno Embu (alterita), com estrutura preservada a parcialmente preservada, presença de leitos caolinizados (resquícios do bandamento) e micas (biotita e muscovita), granulação silto-argilosa e espessura média de aproximadamente 30m;

- solo de alteração silto-arenoso a argilo-arenoso, sem estrutura preservada, cor variegada (amarelo, marrom, vermelho, branco, roxo), com presença de caulim, níveis mais arenosos e espessura variando entre 5-15m;

- solo de alteração silto-argiloso, sem estrutura preservada, cor variegada (amarelo, marrom, vermelho, branco), com presença de caulim e níveis mais arenosos (variação lateral do litotipo anterior);

- areia fina a grossa aluvionar, mal selecionada, cor marrom amarelada, espessura de 2 a 4m,;

- argila arenosa aluvionar, marrom amarelada, espessura média de 2m;

- aterro argilo-arenoso descontínuo, cor marrom-avermelhada, podendo apresentar brita;

6.1.2. Hidrogeologia

A área de estudo possui um aquífero raso, apresentando água subterrânea armazenada nos interstícios e poros dos sedimentos areno-argilosos do córrego local (SAS), assim como na porção intemperizada das rochas cristalinas (SAC). A profundidade média do nível de água desses aquíferos é de 6,0m na base e 25,0m no topo do talude (ver seções geológicas – Anexo 2 - Figs. 2, 3 4 e 5).

Nos estudos anteriormente realizados pela empresa de consultoria obteve-se valores de condutividade hidráulica média (K) de $4,0 \cdot 10^{-5}$ cm/s.

Com base no mapa potenciométrico gerado em Jun-07 (Anexo 2 - Figura 06), observa-se que o sentido de fluxo predominante na área está entre ENE-WSW a E-W.

Os dados de altimetria, profundidade do nível d'água e carga hidráulica utilizados na confecção do então mapa potenciométrico, são apresentados na tabela 03 seguir:

Tabela 03– Dados para a confecção do mapa potenciométrico.

ID Poço	Altimetria (m)	Nível de Água (m) junho/2007	Carga Hidráulica (m) junho/2007
PB-04	783,819	14,23	769,6
PME-01	760,848	1,25	759,6
PME-02	760,030	1,02	759,0
PM-02	779,459	9,86	769,6
PM-04	783,438	15,48	768,0
PM-06	773,944	7,54	766,4
PM-06A	772,502	6,70	765,8
PM-08	783,043	11,26	771,8
PM-09	783,479	15,08	768,4
PM-10	783,591	9,99	773,6
PM-11	783,058	10,25	772,8
PM-12	780,673	14,27	766,4
PM-13	777,392	9,16	768,2
PM-14	773,037	13,34	759,7
PM-15	794,530	19,03	775,5
PM-20	783,651	15,27	768,4
PM-21	780,874	14,12	766,8
PM-22	783,011	13,16	769,9
PM-27	783,651	12,29	771,4
PM-28	783,841	13,38	770,5
PM-31	783,824	12,22	771,6
PM-33	783,796	10,86	772,9
PM-34	775,17	9,39	765,8
PM-36	774,635	9,75	765,9
PM-37	773,428	8,93	764,5
PM-39	772,599	8,76	763,8
PM-40	771,627	7,93	763,7
PM-42	770,55	8,05	762,5
PM-44	760,46	0,62	759,8
PM-46	767,224	3,93	763,3
PM-48	782,51	11,91	770,6
PM-50	782,628	11,15	771,5
PM-51	782,692	12,87	769,8
PM-52	783,242	16,82	767,4
PM-53	783,025	9,01	774,0

ID Poço	Altimetria (m)	Nível de Água (m) junho/2007	Carga Hidráulica (m) junho/2007
PM-54	783,261	16,82	766,4
PM-55A	783,567	15,44	768,1
PM-56	784,431	14,5	769,9
PM-57	781,807	16,87	764,9
PM-58	775,381	11,85	763,5
PM-59	792,030	17,13	774,9

6.2. Consolidação da situação ambiental da área

Na área de estudo já haviam sido realizados trabalhos de investigação, sendo assim a caracterização da situação ambiental da área toma como base o histórico já previamente conhecido, mas as interpretações efetuadas são embasadas no atual trabalho de consolidação da investigação e suas respectivas análises químicas.

6.2.1. Solo

Os resultados analíticos das amostras de solo indicaram presença de praticamente todos os metais analisados (ver tabela 04 – Anexo 01): Cromo (total), Cromo Hexavalente, Chumbo, além de Mercúrio, Níquel, Zinco. Não se observou a presença de Arsênio.

Entretanto, todos os valores detectados estão situados abaixo dos limites de intervenção da CETESB, sendo os metais Pb, Cr e Zn os que apresentaram maiores concentrações, mostrando picos dos metais nas seguintes sondagens (ver mapa de atividades: anexo 2 - figura 01):

- chumbo: SD-33 (42,72) e SD-60 (93,45) - mg/kg,
- cromo: SD-12 (104,62) e SD-33 (140,43) - mg/kg,
- zinco: SD-02 (73,91) e SD-20 (397,31) - mg/kg

Na análise de BTEX, (tabela 04 – Anexo 01) observam-se concentrações mais significativas em comparação aos metais, sendo que apenas o benzeno apresentou poucos valores acima do limite de intervenção da CETESB. Nas sondagens SD-24, SD-33, SD-36, SD-37, SD-38, SD-40, SD-46, SD-47, SD-48, SD-49, SD-55, SD-58, SD-60, SD-74 e SD-80 foram detectados valores acima do limite da intervenção para pelo menos um dos BTEX analisados.

6.2.2. Água Subterrânea:

6.2.2.1. Fase Dissolvida:

Através da compilação dos dados históricos, referentes aos trabalhos já previamente realizados pela empresa de consultoria foi detectada a presença de diversos tipos de

contaminantes na fase dissolvida da água subterrânea, sendo que, no caso dos metais observou-se um leque maior de elementos com relação a aqueles listados no projeto inicial.

Tais compostos são listados abaixo:

- Benzeno
- Tolueno
- Etilbenzeno
- Xileno
- Metais – Zinco, Cromo, Mercúrio, Chumbo, Chumbo, Níquel, Arsênio

Nas tabelas 05 e 06 (Anexo 01) são apresentados os resultados analíticos obtidos na última campanha de amostragem entre mai-jun/07 para BTEX e metais respectivamente.

Através dos dados acima citados foi possível concluir que as análises de metais indicaram ocorrências pontuais de valores acima do limite de intervenção da CETESB, não permitindo a delimitação de plumas de contaminação. Os metais As, Hg, Cr apresentaram ocorrências pontuais ou não foram detectados.

Para os elementos Zn, Fe II e Fe III sua detecção foi em maior número para a totalidade dos poços investigados, mas de modo geral abaixo do valor de intervenção da CETESB e, por fim, o Pb e Ni foram os metais que tiveram maiores ocorrências de concentrações elevadas.

O chumbo apresentou valores acima do limite CETESB nos poços BO-07, BO-08PB-10, PM-13, PM-33, PM-37, PM-62 e o níquel nos poços BO-08, PM-07, PM-12, PM-13, PM-14, PM-17, PM-28, PM-30, PM-31, PM-33, PM-56 e PM-66.

No caso dos compostos orgânicos BTEX foi observado uma maior abrangência nos poços examinados exibindo altas concentrações dos contaminantes, a ponto de gerar fase imiscível sobrenadante (LNAPL) em alguns dos poços.

Sendo que nos poços BO-01, BO-02, BO-05, BO-06, BO-07, BO-08, PB-01, PB-05, PB-06, PB-09, PB-10, PB-11, PB-12, PM-06, PM-06 A, PM-17, PM-18, PM-19, PM-21, PM-24, PM-25, PM-28, PM-31, PM-32, PM-34, PM-35, PM-36, PM-37, PM-44, PM-46, PM-54, PM-62, PM-64, PM-71, PM-74 observou-se concentrações de pelo menos um dos BTEX acima do limite de intervenção da CETESB (ver tabela 06 - Anexo 1).

Os picos de concentrações dos compostos acima citados ocorreram no PB-11 para benzeno (343,8 µg/L), no BO-08 para tolueno (51895,5 µg/L) e etilbenzeno (47433,7 µg/L) e no PM-46 para xilenos totais (10.5565,9 µg/L)

Com base em tais resultados analíticos apresentados, foram delimitadas as plumas de isoconcentrações para os quatro compostos do BTEX, Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno (anexo 2 - figuras 7, 8, 9 e 10). Em todos os casos são observados corpos alongados de fase dissolvida com direção de fluxo preferencial NE-SW e ocorrência de dois centros de massa distintos, um na porção central da fábrica e outro próximo ao limite centro-sul.

Comparando o fluxo normal da água subterrânea com o fluxo da pluma de BTEX, observa-se que a fase dissolvida apresenta movimentação oblíqua ao sentido da água subterrânea que é E-W.

Ao estabelecer-se um paralelo da direção do fluxo dos contaminantes observada, com o arcabouço estrutural citado nos trabalhos de Hasui (1973) e Coutinho (1972) é possível notar que há um alinhamento da zona de transcorrência e de suas foliações conspícuas com o fluxo dos contaminantes na água subterrânea.

Para sustentar a hipótese da influência local dessa fase deformacional na área de estudo foi gerado, com base no mapa topográfico 1:10.000, um croqui do padrão de drenagem presente (Fig 12 – Anexo 2) o qual aparentemente sugere haver influência importante de estruturas (prováveis falhas, fraturas ou foliações associadas) no modo de deslocamento da pluma a qual não segue seu curso normal estabelecido pela potenciometria e relevo.

6.2.2.2. Fase Sobrenadante (NAPL):

Em vários pontos é observada a presença de corpos distintos e não conectados de fase livre de BTEX (Figura 11 – anexo 2). Na área central da indústria são observados corpos sobrenadantes de maior volume, com extensões variando entre 5 - 15m e espessura de fase livre na faixa aproximada de 5 até 35cm. Já na área centro-sul ocorrem volumes menores da fase imiscível, com extensões da ordem de 5m e espessuras entre 1 e 5 cm.

Comparando a distribuição espacial dos compostos orgânicos no solo e na água subterrânea (fase dissolvida), observa-se coincidência dos pontos de picos de concentração nos dois meios com a presença de fase livre.

Sendo assim, pode dizer-se que a fase livre está presente tanto na porção saturada, na forma de produto sobrenadante e dissolvido, como na porção não saturada do solo na forma de adsorvida.

6.3. Avaliação do sistema de remediação MPE

6.3.1. Caracterização do Método

6.3.1.1. Etapas do Processo

Neste tópico serão descritos os procedimentos operacionais do método de remediação MPE (*multi-phase extration*), para melhor contextualização das etapas a seguir descritas, deve-se observar o fluxograma do processo abaixo apresentado (ver figura 13).

O processo de extração multifásica do MPE consiste na geração de vácuo através uma bomba de anel líquido (Bomba 1) para um tanque a vácuo que é capaz de gerar pressão negativa até o poço e assim extrair o contaminante.

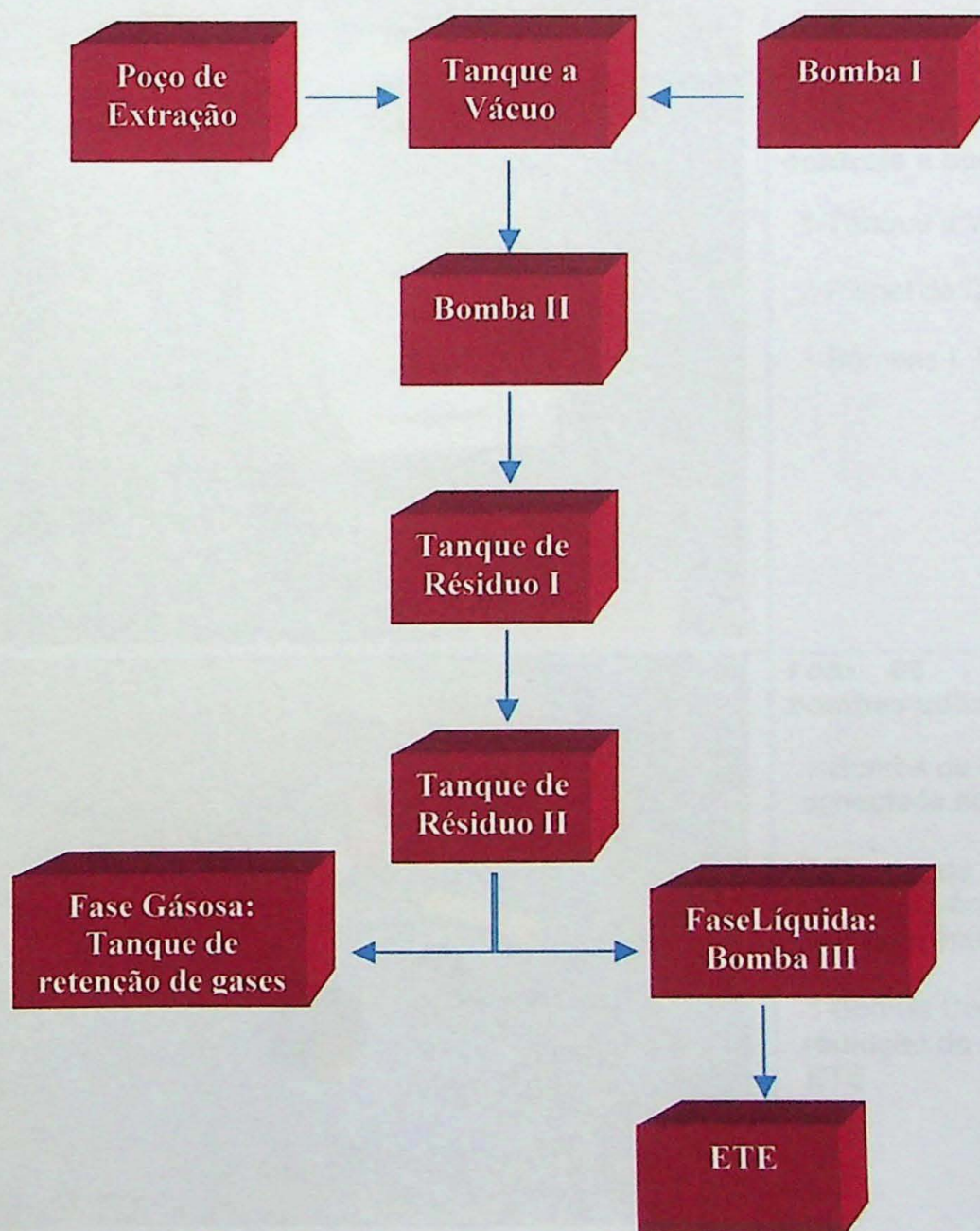
Todo líquido recuperado pelo sistema fica armazenado no tanque a vácuo e depois é conduzido para um compartimento de 1.000 litros de capacidade, para armazenamento de emulsão (tanque de resíduo I), através de uma segunda bomba de anel líquido (bomba II).

Ao atingir determinado nível, a emulsão presente no tanque de resíduo I passa para um segundo tanque de armazenamento (tanque de resíduo II).

No tanque de armazenamento de resíduo II ocorre a separação da fase líquida da gasosa, sendo que a segunda é destinada a um tanque de retenção de gases onde há um sistema de carvão ativado para filtragem do mesmo.

No caso da fase líquida, a sua remoção é efetuada ao atingir um determinado nível, no qual os sensores ativam uma bomba centrífuga que bombeia o produto até a Estação de Tratamento de Resíduos da Indústria.

Figura 13 – Fluxograma do processo de extração multifásica do MPE



6.3.1.2. Caracterização dos componentes

As fotos apresentadas a seguir descrevem os componentes presentes no MPE citados no tópico anterior.



Foto 01 - Vista geral do container do MPE - tanques de armazenagem.

1-Tanque de resíduo I

2-Tanque de resíduo II

3-Tanque de retenção de gases



Foto 02 - Vista geral do interior do sistema de controle e bombas.

1-Tanque a Vácuo

2-Painel de Controle

3-Bombas I, II e III

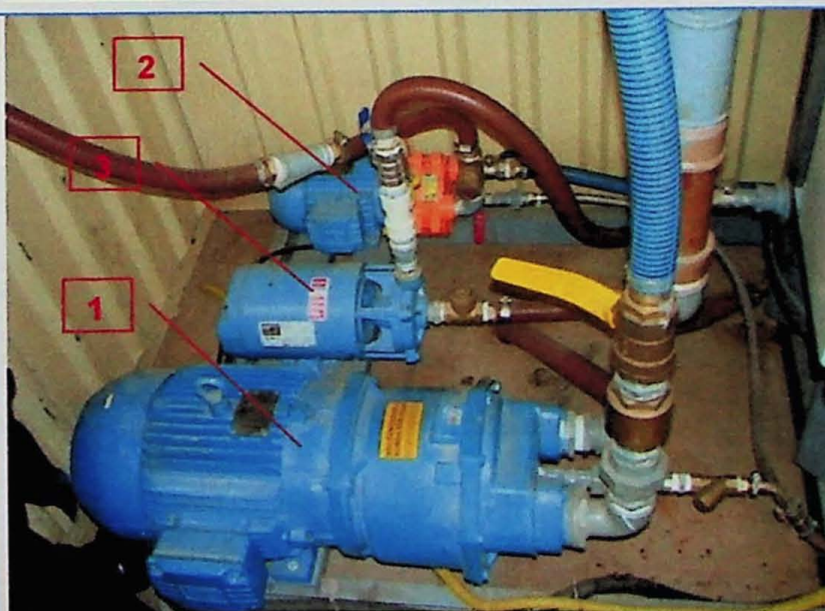


Foto 03 - Detalhe das bombas utilizadas.

1-Bomba de anel líquido – conectada aos poços

2-Bomba de anel líquido- do tanque a vácuo até a caixa de armazenagem

3-Bomba Centrífuga - remoção do produto para ETE

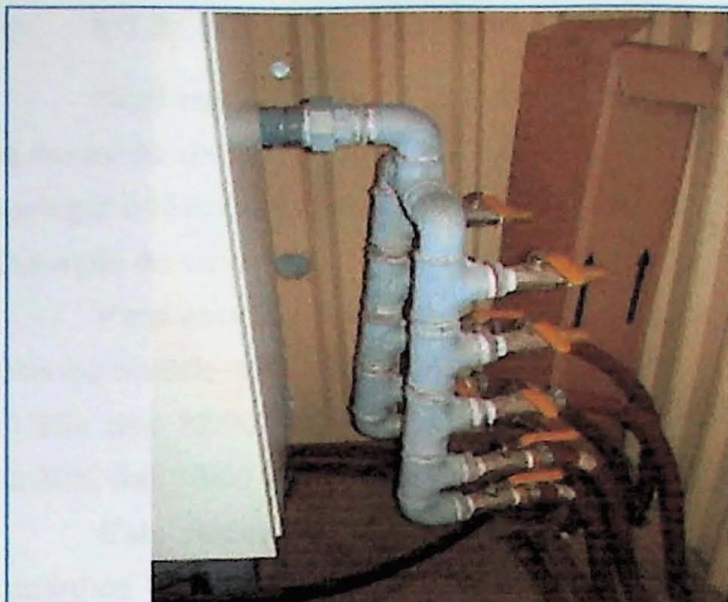


Foto 04 - Detalhe das válvulas que conectam o tanque a vácuo as mangueiras dos poços de extração.

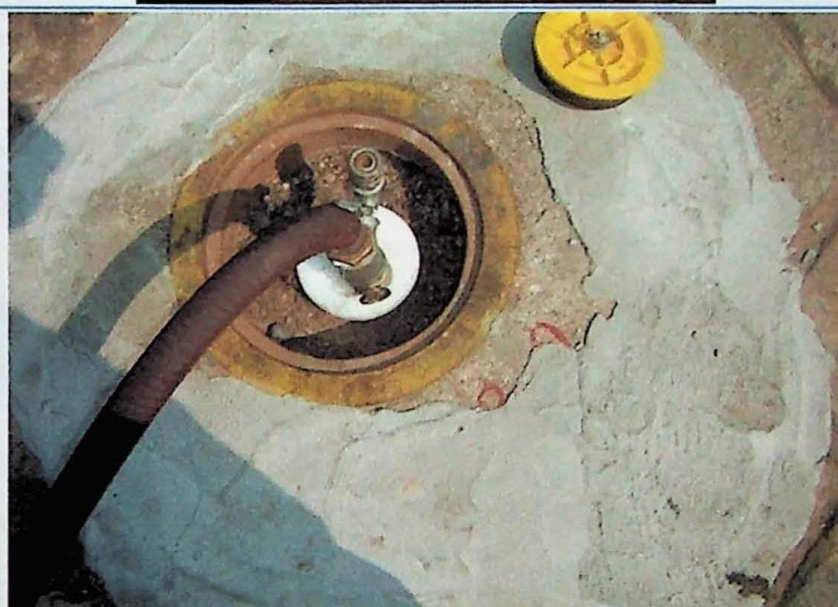


Foto 05 – Detalhe do Poço de Extração.



Foto 06 - Detalhe da tubulação interna ao Poço de Extração.

6.3.2. Logística Operacional do Método

Com base nos testes realizados pela empresa de consultoria, foram configuradas as taxas de extração características deste sistema, que associadas às características da geologia e hidrogeologia local e características da contaminação, determinaram o regime de operação do sistema.

Para esse sistema instalado, o regime de operação adotado foi de segunda a sexta-feira no horário das 8:00 às 8:30h, das 9:00 às 9:30h, das 10:00 às 10:30h, das 11:00 às 11:30h das 12:00 às 12:30h, das 13:00 às 13:30h, das 14:00 às 14:30h, das 15:00 às 15:30h, das 16:00 às 16:30 e das 17:00 às 17. 30h

Este regime de operação foi utilizado com o intuito de não haver a criação de caminhos preferenciais dos contaminantes em sub-superfície, bem como serve à refrigeração do sistema de bombeamento e geração de vácuo.

O método de remediação analisado foi instalado em julho de 2006 na área da indústria entretanto, o mesmo passou por um período de teste e adequações, por isso para fins de comparativos o intervalo de estudo adotado foi de março a setembro de 2007.

No período de estudo, o processo de extração atuou em vários poços em decorrência da quantidade de fase livre, para que assim fosse garantida uma remoção homogênea dos contaminantes dentro das limitações do sistema.

A tabela 07 a seguir mostra o cronograma de extração multifásica de cada poço:

Tabela 07– Período de realização da extração multifásica em cada poço.

	Mar/07	Abr/07	Mai/07	Jun/07	Jul/07	Ago/07	Set/07
PB-03							
PB-04							
PB-08							
PB-10							
PB-11							
PM-08							
PM-16							
PM-22							
PM-26							
PM-27							
PM-72							

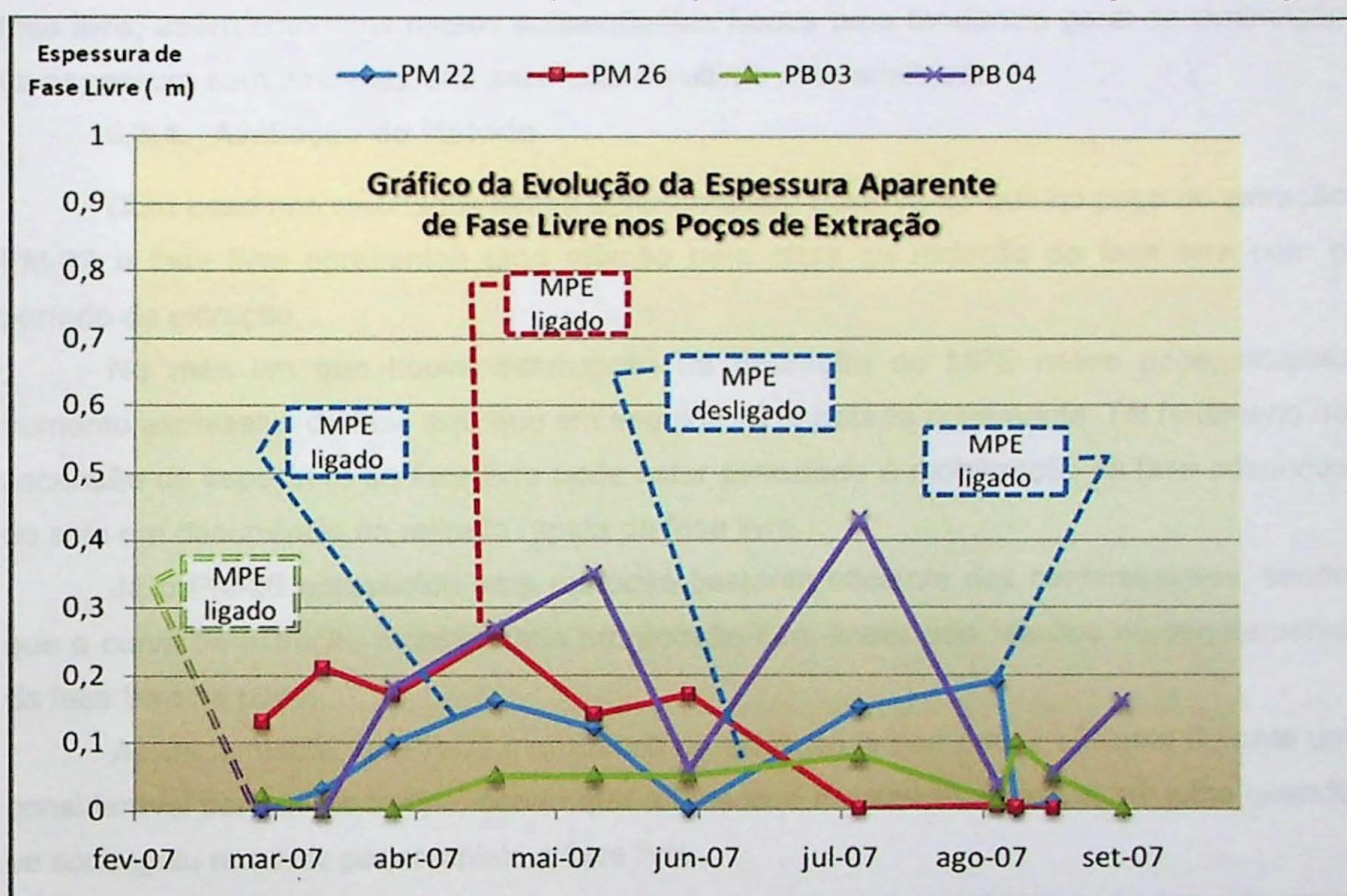
6.3.3. Evolução da Fase Livre

Como já acima apontado o MPE operou em diversos poços de extração, sendo que por muitas vezes em um curto intervalo de tempo.

Dessa forma para ser possível estabelecer um comparativo histórico da evolução da retirada dos BTEX do site, escolheu-se os poços PM-22, PM-26, PB-03 e o PB-04 como alvos de estudo em decorrência do funcionamento em um período de tempo com a menor interrupção do processo de extração nesses poços.

O gráfico (figura 14) a seguir ilustra a evolução da espessura aparente de fase livre nos poços escolhidos:

Figura 14 – Gráfico da Evolução da Espessura Aparente de Fase Livre nos Poços de Extração.



Com base no gráfico acima apresentado é possível notar um padrão geral de diminuição da espessura aparente de fase livre com a ligação do sistema de remediação em cada poço.

No PM-22 observou-se que quando o sistema foi ativado no poço, no mês de abril, resultou em uma curva expressiva de queda da espessura da fase livre até ser a mesma esgotada.

Logo após o esgotamento do produto sobrenadante nesse poço o sistema foi desligado, e com isso ocorreu um aumento significativo da espessura de fase. Ao religar o MPE a fase livre foi extraída totalmente mais uma vez.

Para o poço de extração PM-26 o rebaixamento da espessura de produto em relação ao avanço do tempo de operação do método de remediação foi constante. Do mês de julho em diante, não se observou a presença de LNAPL's neste poço.

Já a operação do *multi-phase extraction* no poço PB-03 não apresentou expressivas alterações da quantidade de fase livre no poço até o mês de julho, quando houve queda da espessura até ser esgotada completamente no mês seguinte. Ainda no mês de agosto ocorreu ascensão da fase livre seguida por uma nova queda.

Por fim, o poço PB-04 foi aquele que apresentou resultado mais aquém do esperado, sendo evidenciados dois picos de aumento de espessura de fase livre nos meses de maio e julho.

Entre os meses nos quais ocorreram tais picos houve uma queda da espessura de fase livre, assim como nos meses subseqüentes houve uma tendência geral de diminuição da espessura com uma pequena ascensão no ultimo mês analisado.

6.3.4. Avaliação do Método

Com base nos resultados acima apresentados, observa-se que no poço de extração PM-22 a fase livre apresentou uma relação bem clara da redução da fase livre com o período de extração.

No mês em que houve interrupção da operação do MPE nesse poço, ocorreu aumento expressivo da fase livre que em seguida foi esgotada novamente. Tal fenômeno de ascensão de espessura de fase livre pode estar associado à mobilização da fase adsorvida do solo em decorrência da retirada rápida da fase livre.

Já o PM-26 apresentou uma remoção bastante eficiente dos contaminantes, sendo que a curva de extração mostrou uma progressão bem linear que resultou no esgotamento da fase livre no poço.

Aparentemente, no PB-03 o processo de extração fez-se pouco eficiente durante um considerável período de tempo, sendo que a fase livre manteve-se estável até julho quando se conseguiu remover por completo a fase livre.

Neste caso o subseqüente aumento do produto sobrenadante pode ter sido mais uma vez ocasionado pela mobilização do produto adsorvido.

O PB-04, assim como já mencionado no tópico anterior, apresentou resultado distante do desejado, inúmeros fatores podem ter influenciado na expressiva subida da fase livre, sendo que pode ter havido problemas operacionais causando o mau funcionamento do processo.

Outro fator relevante que afeta de modo geral todos os poços é a grande profundidade de extração, entre 12 e 14 m, pois este método foi desenvolvido em primeiro plano para operar em profundidades em geral menores que essa, por volta de 5 m.

Dessa forma, apesar das características hidrogeológicas do aquífero serem adequadas, por apresentar condutividades hidráulicas baixas em decorrência da granulação silto-argilosa a profundidade de extração desfavorece o método.

Associado a tudo isso a mobilização do material adsorvido pode ter causado o comportamento pouco eficiente do MPE nesse poço.

Através de todos esses apontamentos apresentados é possível avaliar que o método de remediação *Multi-phase Extraction* é aplicável ao contexto no qual ele foi implantado, entretanto ele não está operando em condições ideais (profundidade acima de limites de maior eficiência).

Os dados de recuperação de fase livre fizeram-se eficientes em parte dos casos, mas em outros nem tanto. Contudo a tendência geral do processo mostra que ao fim dos estudos comparativos o prognóstico foi positivo.

7. CONCLUSÃO

7.1. Caracterização Ambiental

Com base nos estudos de investigação ambiental, realizados por meio da amostragem do solo e da água subterrânea, obtiveram-se as seguintes conclusões, apresentadas a seguir.

Com relação à presença de metais no solo analisado constatou-se serem as concentrações observadas bastante inexpressivas, sendo observadas valores muito baixos em µg/kg dos metais analisados, de ocorrência pontual e descontínua ao longo da área analisada.

Os compostos orgânicos BTEX apresentaram uma distribuição espacial mais abrangente no solo em relação aos metais, sendo que os BTEX atingiram, por muitas vezes, concentrações acima do valor de intervenção da CETESB. Apenas o benzeno ocorreu pontualmente com valores maiores que os de intervenção nas amostragens realizadas.

No caso da água subterrânea detectou-se uma maior variedade de elementos/compostos observados, em comparação com as análises da porção não saturada do solo.

Os metais ocorreram de forma não contínua, não evidenciando assim a geração de plumas de contaminação representativas.

Por outro lado, o benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno mostraram-se amplamente distribuídos ao longo da pluma de contaminação com extensões significativas dentro do perímetro da indústria.

Tais corpos de contaminantes mostraram picos de concentração em duas regiões distintas da área industrial, sendo a primeira localizada na porção central e associada possivelmente a duas pretéritas fontes de contaminação e a segunda, situada na faixa

centro-sul da indústria, apresentou outra possível fonte pretérita de contaminação, próxima ao talude.

Assim, como já apontado neste trabalho o sentido de fluxo dos contaminantes caminha obliquamente ao fluxo da água subterrânea. Para explicar tal fato foi construído um croqui do padrão de drenagem local para associar o fluxo preferencial existente com a presença de prováveis estruturas tectônicas que permitam explicar o comportamento anômalo de deslocamento dessa pluma.

Os resultados obtidos sugeriram a real existência de tais descontinuidades, entretanto para precisar de forma segura seria necessário o prosseguimento dos estudos por meio de trabalhos subseqüentes de geofísica e modelamento.

7.2. Método de Remediação

Com relação ao método de remediação *Multi-phase Extraction* é possível concluir que o sistema no local implantado, faz-se apropriado em algumas condições do *site*, em decorrência principalmente das características dos contaminantes e do tipo de aquífero.

Entretanto, a considerável profundidade de extração dos poços prejudica sua eficiência. Com isso os dados de recuperação de fase livre mostraram, em alguns casos, eventos desfavoráveis à eficiência do método, mas de modo global a tendência de remoção de fase livre é positiva.

Pode-se também considerar que com a continuidade do processo de extração multifásica, no decorrer dos meses subseqüentes a finalização desse trabalho de TF, a espessura de fase livre apresente uma curva de declínio próximo ao ideal em todos os poços, fato esse que não pode ser confirmado face ao cumprimento de cronograma pré-estabelecido para os Trabalhos de Formatura.

Por outro o dados obtidos até o então momento permitem afirmar de modo conclusivo que o método é aplicável ao contexto no qual ele foi implantado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997. Norma para Construção de Poços de Monitoramento. NBR 13.895/TB3. Rio de Janeiro.

AFCEE. Air Force Center for Environmental Excellence, 1997. Test Plan and Technical Protocol for Bioslurping. Battelle Press, Columbus, OH.

Alloway, B.J., 1995. Heavy Metals in Soils. Blackie Academic and Profesional, Glasgow, 363 p..

Baker, R.S., Becker, D.J., 1999. Engineering and Design MULTI-PHASE EXTRACTION. Washington - DC, US Army Corps of Engineers, Engineer Manual - EM 1110-1-4010.

Bigarella, J.J., Salamuni, R., 1958. Estudos preliminares na Série Açungui: VII – A Formação Votuverava. Curitiba, Instituto de História Natural, Geologia: *Boletim* 2, 6p.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2006. Relação de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo Novembro/2006. São Paulo, Série Relatórios. Disponível on-line: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/relacao_areas.asp.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1999. Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. São Paulo, Série Relatórios.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2005. Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea no Estado de São Paulo. São Paulo.

Coutinho, J. M. V., 1972. Petrologia do Pré-cambriano em São Paulo e arredores. *Boletim IG*, 3: 5-100.

EMPLASA - Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo, 1985. Carta Geológica da Região Metropolitana de São Paulo, escala 1:50.000. São Paulo.

EPA, 1990. Subsurface Contamination Reference Guide, EPA/540/2-90/011, U.S.EPA, Washington, DC, 13 p..

EPA, 1997. Presumptive Remedy: Supplemental Bulletin Multi-Phase Extraction (MPE) Technology for VOCs in Soil and Groundwater. EPA 540-F-97-004

Fetter, C. W., 1999. Contaminant Hidrogeology. Prentice-Hall, New Jersey, 500 p..

Hasui, Y., 1973. Tectônica das falhas Piedade e Pilar do Sul. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências, São Paulo, Tese de Livre Docência, 190p..

Hasui, Y. & Sadowski, G.R., 1976. Evolução Geológica do Pré-cambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 6 (3):182-200.

Hirata R.C.A. & Ferreira L.M.R. 2001. Os aquíferos da Bacia hidrográfica do Alto Tietê: disponibilidade hídrica e vulnerabilidade à poluição. São Paulo. Rev. Bras. Geoc., 31(1).

Newell, C.J., Acree, S.D., Ross, R.R., Huling, S.G.. 1995. *Light Nonaqueous Phase Liquids*. EPA Groundwater Issue, EPA/540/S-95/500.

Perrotta, M. M. et al. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000. São Paulo: CPRM, 2006. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil).

Pichtel, J., Sawyerr, H.T., Krystyna, C. Spatial and temporal distribution of metals in soils in Warsaw, Poland. Environ. Poll. 98, 169-174, 1997.

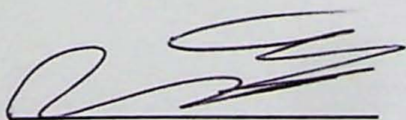
Riccomini, C., 1989. *O rift continental do Sudeste do Brasil*. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, Tese de Doutorado, 256 p..

USEPA, 2004. Guide and Background Technical Document for Usepa Region 9's Preliminary Remediation Goals (Prg). Washington, DC, 30 p..

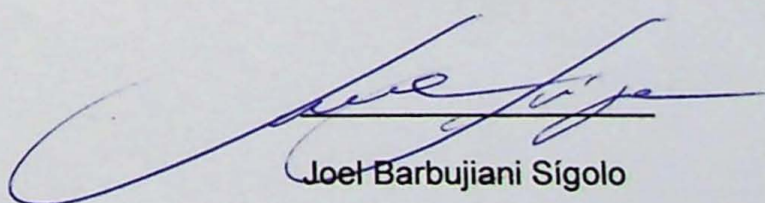
São Paulo, 07 de novembro de 2007

Respeitosamente

De Acordo,



Rodrigo Martins da Silva



Joel Barbuji Sígolo

Anexo 1

Resultados Analíticos

Resultados Analíticos			
Item	Unidad	Valor	Referencia
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

Tabela 04 - Resultados Analíticos BTEX e Metais no Solo

BTEX

Parâmetros analisados (mg/Kg)	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p-xilenos	o-xileno	Xilenos
L.D.	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
L.Q.	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
SD-02 (1,2-1,8)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-04 (1,8-2,4)m	ND	0,038	0,034	0,109	0,062	0,171
SD-06 (1,2-1,8)m	ND	0,010	0,012	0,034	0,019	0,053
SD-06 (3,6-4,2)m	ND	0,262	0,681	1,948	0,516	2,464
SD-09 (1,3-1,9)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-10 (0,1-0,7)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-10 (3,7-4,3)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-12 (3,75-4,35)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-13 (1,2-1,8)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-13 (3,0-3,6)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-15 (1,2-1,8)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-15 (3,0-3,6)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-20 (0,6-1,2)m	ND	0,005	0,204	1,922	0,028	1,950
SD-23 (1,8-2,4)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-23 (3,6-4,2)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-24 (4,2-4,8)m	ND	16,0400	35,7600	53,1100	23,7700	76,88
SD-24 (1,8-2,4)m	ND	0,1100	0,6100	6,5600	4,5100	11,0700
SD-27 (0,6-1,2)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-27 (1,8-2,4)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-33 (0,3-0,9)m	0,04	316,35	673,95	3,351,53	469,27	3,820,80
SD-33 (2,7-3,3)m	0,08	264,38	1,147,75	4,545,45	600,72	5,146,17
SD-36 (0,6-1,2)m	0,117	152,688	184,799	503,770	138,286	642,056
SD-36 (4,2-4,8)m	ND	1,547	3,060	9,362	2,354	11,716
SD-37 (1,2-1,8)m	0,223	258,067	184,177	547,604	146,954	694,558
SD-38 (1,9-2,5)m	ND	6,302	16,084	79,419	21,945	101,364
SD-39 (2,4-3,0)m	ND	0,069	0,063	0,312	0,103	0,415
SD-40 (3,0-0,6)m	0,570	428,129	271,259	729,567	199,531	929,098
SD-40 (0,6-1,2)m	ND	0,195	0,657	2,252	0,534	2,786
SD-43 (1,2-1,8)m	ND	1,172	1,609	47,645	18,221	65,886
SD-44 (1,2-1,8)m	0,003	0,004	0,025	0,052	0,006	0,058
SD-46 (4,26-4,86)m	0,18	283,21	2,162,97	7,441,58	909,98	8,351,56
SD-46 (0,66-1,26)m	0,01	12,91	33,68	78,64	29,63	108,27
SD-47 (0,6-1,2)m	ND	148,63	743,84	4,898,86	746,78	5,645,62
SD-47 (2,4-3,0)m	ND	73,54	469,53	2,317,82	324,36	2,641,98
SD-48 (1,0-1,6)m	ND	110,41	381,80	2,226,28	366,68	2,592,96
SD-48 (4,0-4,6)m	ND	5,39	9,52	17,58	8,94	26,52
Cetesb Industrial	0,15	75	95	-	-	70
Holandisa Industrial	-	-	-	-	-	-
CPA Região 8 Industrial	-	-	-	-	-	-

Parâmetros analisados (mg/Kg)	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p-xilenos	o-xileno	Xilenos
L.D.	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
L.Q.	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
SD-49 (1,0-1,6)m	ND	87,07	342,75	1,914,72	278,51	2,193,23
SD-49 (3,4-4,0)m	ND	25,64	193,28	1,051,33	156,70	1,208,03
SD-52 (1,3-1,9)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-55 (3,4-4,0)m	ND	92,99	168,21	294,400	133,540	427,94
SD-55 (1,0-1,6)m	ND	98,57	306,43	529,350	264,700	794,05
SD-57 (0,4-1,0)m	ND	48,460	239,38	963,420	352,280	1315,68
SD-57 (4,0-4,6)m	ND	59,460	395,39	780,120	262,620	1042,74
SD-58 (0,3-0,9)m	ND	249,1	541,65	1160,220	593,370	1753,59
SD-58 (3,9-4,5)m	ND	14,240	124,62	424,580	110,210	534,79
SD-60 (0,3-0,9)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-60 (4,5-5,1)m	0,05	38,67	70,35	120,94	47,27	168,21
SD-61 (0,9-1,5)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-61 (3,3-3,9)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-62 (0,3-0,9)m	0,04	41,15	103,03	168,60	66,08	234,68
SD-62 (2,1-2,7)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-63 (0,3-0,9)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-63 (3,0-3,6)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-64 (0,1-0,7)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-64 (2,4-3,0)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-68 (4,3-4,9)m	0,003	1,559	1,647	4,521	1,032	5,553
SD-68 (1,9-2,5)m	0,001	0,783	0,683	1,876	0,504	2,381
SD-69 (1,8-2,4)m	0,004	0,012	0,012	0,028	0,010	0,038
SD-70 (0,3-0,9)m	N.D.	0,137	12,667	29,496	2,921	32,416
SD-70 (3,1-3,7)m	0,005	0,082	10,732	22,113	1,202	23,315
SD-71 (0,9-1,5)m	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SD-73 (3,5-4,5)m	ND	0,008	0,007	0,014	0,003	0,017
SD-74 (0,4-1,0)m	ND	33,648	73,051	281,232	81,477	372,709
SD-75 (1,5-2,1)m	0,01	0,019	0,030	0,140	0,045	0,185
SD-77 (3,6-4,2)m	ND	2,740	4,515	9,927	5,253	15,180
SD-78 (4,2-4,8)m	ND	0,536	0,304	0,797	0,300	1,097
SD-79 (0,9-1,5)m	ND	0,006	0,010	0,021	0,006	0,027
SD-79 (4,5-5,1)m	ND	0,003	0,007	0,008	0,005	0,013
SD-80 (1,0-1,6)m	ND	146,15	926,53	1112,950	221,120	1334,07
SD-86 (4,0-5,4)m	ND	ND	0,051	0,130	0,017	0,147
SD-87 (2,8-3,4)m	ND	0,012	0,955	2,117	0,308	2,425
SD-88 (3,0-3,6)m	0,048	17,638	19,495	35,233	13,869	49,102
Cetesb Industrial	0,15	75	95	-	-	70
Holandisa Industrial	-	-	-	-	-	-
CPA Região 6 Industrial	-	-	-	-	-	-

Metais

Parâmetros analisados (mg/kg)	Arsênio	Chumbo	Cromo	Cromo Hexavalente	Mercurio	Níquel	Zinco
LD	0,10	0,10	0,25	0,50	0,04	0,25	0,25
LQ	0,50	0,50	0,50	2,50	0,10	0,50	0,50
SD-02 (1,2-1,8) m	ND	17,99	24,36	3,63	ND	2,13	73,91
SD-04 (1,8-2,4) m	ND	20,62	34,51	2,91	ND	1,88	19,43
SD-06 (1,2-1,8) m	ND	12,44	30,69	2,68	ND	1,55	8,93
SD-06 (3,6-4,2) m	ND	24,65	39,88	6,39	ND	1,92	12,72
SD-09 (1,3-1,9) m	ND	16,22	5,40	1,33	ND	0,92	8,75
SD-10 (0,1-0,7) m	ND	32,52	22,05	2,19	ND	2,66	10,52
SD-12 (0,75-1,35) m	ND	24,51	104,82	2,91	ND	2,94	19,42
SD-13 (1,2-1,8) m	ND	7,20	2,90	NA	ND	0,58	4,30
SD-13 (3,0-3,6) m	ND	10,91	5,02	NA	ND	3,37	6,34
SD-15 (1,2-1,8) m	ND	13,60	3,07	NA	ND	0,35	3,34
SD-15 (3,0-3,6) m	ND	13,39	1,77	NA	ND	0,31	3,84
SD-20 (0,6-1,2) m	ND	16,15	23,49	NA	ND	3,30	397,31
SD-23 (1,8-2,4) m	ND	28,81	22,82	NA	ND	2,21	8,73
SD-24 (1,8-2,4) m	ND	15,20	50,56	NA	ND	1,60	6,94
SD-27 (0,6-1,2) m	ND	34,65	8,82	NA	ND	0,83	4,85
SD-33 (0,3-0,9) m	ND	42,72	140,43	NA	ND	3,34	10,36
SD-36 (0,7-1,3) m	ND	16,28	25,24	NA	ND	0,61	ND
SD-37 (1,3-1,9) m	ND	18,09	6,09	NA	0,49	1,36	11,16
SD-38 (1,9-2,5) m	ND	8,32	8,74	NA	ND	0,88	ND
SD-40 (0,7-1,3) m	ND	67,98	25,50	NA	ND	9,72	3,90
SD-43 (1,2-1,8) m	ND	24,58	6,02	NA	ND	0,77	ND
SD-44 (1,2-1,8) m	ND	25,84	23,79	ND	ND	0,72	6,94
SD-46 (0,66-1,26) m	ND	12,14	38,85	ND	ND	1,21	11,11
SD-47 (0,6-1,2) m	ND	6,30	46,70	NA	ND	2,43	2,92
SD-48 (1,0-1,6) m	ND	19,18	18,09	NA	ND	2,16	ND
SD-49 (1,0-1,6) m	ND	13,49	25,98	NA	ND	5,09	4,69
SD-55 (1,0-1,6) m	ND	11,07	4,02	ND	0,11	0,81	ND
SD-57 (0,4-1,0) m	ND	18,55	17,00	ND	0,19	1,21	12,79
SD-58 (0,3-0,9) m	ND	29,61	68,09	ND	0,12	3,39	57,33
SD-60 (0,3-0,9) m	ND	93,45	33,54	ND	ND	2,72	11,86
SD-61 (0,9-1,5) m	ND	44,26	8,14	ND	ND	0,79	8,47
SD-62 (0,3-0,9) m	ND	21,35	57,86	ND	ND	2,49	15,63
SD-63 (0,3-0,9) m	ND	20,28	36,86	ND	ND	0,63	8,29
SD-64 (0,1-0,7) m	ND	10,12	3,58	ND	ND	0,75	15,66
SD-68 (1,9-2,5) m	ND	12,64	20,66	ND	ND	1,18	9,63
SD-70 (0,3-0,9) m	ND	6,60	12,73	ND	ND	2,02	13,80
SD-73 (2,1-2,7) m	ND	21,79	47,37	1,95	ND	1,37	5,81
SD-77 (1,8-2,4) m	ND	13,66	42,49	2,42	ND	1,15	2,29
SD-79 (0,9-1,5) m	ND	12,35	4,38	0,79	ND	1,44	1,62
Cetesb Industrial	150	900	400	-	70	130	2000
Holandisa	-	-	-	-	-	-	-
CPA Região 8 Industrial	-	-	-	64	-	-	-

Tabela 05 - Resultados Analíticos de BTEX na Água

Parâmetros analisados (µg/L)	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p-xilenos	o-xileno	Xilenos totais
L.D.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
L.Q.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
BO-01	11,1	3404,1	5768,5	9134,2	4296,5	13430,7
BO-02	244,9	7331,6	6344,2	10940,4	4814,8	15755,2
BO-05	96,80	9323,80	6714,30	16283,90	4666,20	20950,10
BO-06	136,20	28261,00	21434,90	52229,40	14091,70	66321,10
BO-07	193,60	36384,60	28675,50	72725,80	16899,90	89625,80
BO-08	231,60	51895,54	47433,74	71624,23	27219,92	98844,15
PB-01	79,30	16050,40	18956,30	39279,40	12227,90	51507,30
PB-02	ND	12,00	141,50	442,60	49,60	492,20
PB-05	92,27	4950,75	4179,11	7095,15	2923,73	10018,88
PB-06	ND	9,25	ND	46,34	690,29	736,63
PB-09	44,80	16270,10	14540,20	35440,60	9986,70	45427,30
PB-10	151,24	9812,47	10374,43	17169,88	7411,08	24580,96
PB-11	343,82	13523,00	9714,36	14828,03	6163,93	20991,96
PB-12	28,37	3521,67	3066,78	6016,33	2322,82	8339,15
PM-01	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-02	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-04	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-06	16,67	56,29	60,76	163,64	1163,24	1326,88
PM-06 A	1,32	10,84	13,28	10,33	742,52	752,85
PM-07	0,30	2,60	2,00	5,30	2,50	7,90
PM-09	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-11	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-12	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-13	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-14	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-15	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-17	23,90	2168,60	1308,90	3831,30	1203,10	5034,40
PM-18	65,70	2192,60	6934,20	17935,70	2378,40	20314,10
PM-19	8,60	26,10	214,20	480,30	43,60	523,90
PM-20	ND	2,40	6,20	29,30	3,20	32,50
PM-21	9,11	585,44	860,76	3271,19	716,12	3987,31
PM-24	2,25	8,44	75,36	559,54	22,64	582,20
PM-25	294,20	5383,50	2771,40	2931,10	1611,30	4542,40
PM-28	325,80	3281,20	2475,80	2438,90	1353,40	3792,30
PM-30	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-30A	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-31	27,33	72,53	12,87	45,63	838,88	884,51
PM-31A	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-32	1,18	44,36	389,48	1140,17	192,49	1332,66
PM-33	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-34	109,40	25513,30	17659,40	42545,10	11381,80	53926,90
CETESB	5	700	300	-	-	500
Holandês Industrial	-	-	-	-	-	-
PRG Região 9 Industrial	-	-	-	-	-	-

Parâmetros analisados (µg/L)	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	m,p-xilenos	o-xileno	Xilenos totais
L.D.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
L.Q.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
PM-35	248,9	28082,0	20784,2	55991,6	13746,2	69737,8
PM-36	95,6	4844,5	3716,2	3137,6	1745,4	4883,0
PM-37	27,10	1468,60	3121,50	2579,20	1639,60	4218,80
PM-38	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-39	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-40	1,40	1,20	19,10	35,70	19,10	54,80
PM-41	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-42	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-43	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-44	12,10	ND	ND	1484,69	4,48	1489,17
PM-45	1,88	6,30	81,84	235,21	261,08	496,29
PM-46	183,93	36743,34	38300,11	87064,90	18500,98	105565,88
PM-48	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-49	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-50	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-51	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-52	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-53	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-54	309,90	12766,00	9505,70	7058,00	4592,20	11650,20
PM-55	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-55A	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-56	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-56A	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-57	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-58	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-59	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-60	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-61	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-62	73,11	7949,45	7317,27	21329,05	4203,53	25532,58
PM-63	ND	13,10	16,90	53,30	21,00	74,30
PM-64	199,90	11632,10	8049,20	6925,80	3969,10	10894,90
PM-65	0,30	1,70	1,50	2,80	0,80	3,60
PM-66	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-67	ND	ND	5,27	17,72	2,78	20,50
PM-68	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-69	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-70	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-71	48,46	28800,75	36269,38	80897,01	18476,49	99373,50
PM-73	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-74	92,57	3938,01	5952,87	9684,30	4245,18	13929,48
PM-75	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PME-01	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PME-02	ND	ND	ND	ND	ND	ND
CETESB	5	700	300	-	-	500
Holandês Industrial	-	-	-	-	-	-
PRG Região 9 Industrial	-	-	-	-	-	-

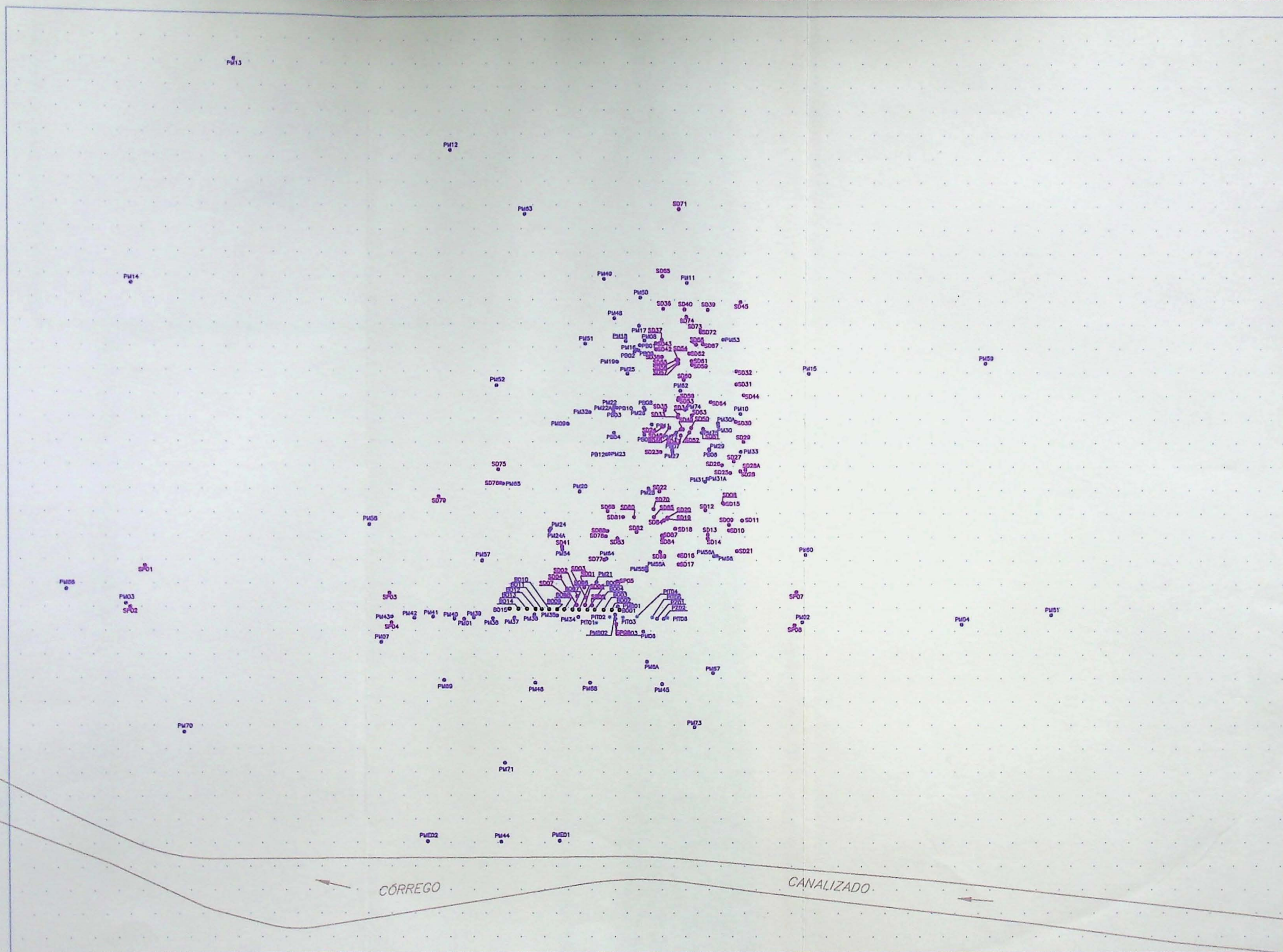
Tabela 06 - Resultados Analíticos de Metais Dissolvidos na Água

Parâmetros analisados (µg/L)	Arsênio	Chumbo	Cromo	Cromo VI	Mercurio	Níquel	Zinco	Ferro II	Ferro III
L.D.	2,0	2,0	5,0	10,0	0,2	5,0	5,0	10,0	10,0
L.Q.	5,0	10,0	10,0	50,0	1,0	10,0	10,0	50,0	50,0
BO-01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27800,0	700,0
BO-02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	16400,0	600,0
BO-05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	13500,0	700,0
BO-06	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	540,0	300,0
BO-07	ND	13,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
BO-08	ND	17,9	ND	ND	ND	28,3	ND	ND	ND
PB-01	ND	ND	ND	NA	ND	ND	147,0	80,0	150,0
PB-02	ND	ND	ND	NA	ND	ND	13412,0	90,0	150,0
PB-05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA
PB-06	ND	ND	ND	ND	ND	15,0	ND	ND	ND
PB-09	ND	ND	ND	NA	ND	ND	49,0	450,0	300,0
PB-10	ND	40,0	ND	ND	ND	ND	148,0	NA	NA
PB-11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	17400,0	2100,0
PB-12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	18,0	19900,0	500,0
PM-01	ND	ND	ND	NA	ND	ND	ND	ND	ND
PM-02	ND	ND	ND	ND	ND	9,0	73,0	NA	NA
PM-03	ND	ND	ND	NA	ND	ND	31,0	NA	NA
PM-04	ND	ND	ND	ND	ND	11,0	85,0	NA	NA
PM-06	ND	ND	ND	ND	ND	ND	570,0	100400,0	2800,0
PM-06A	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	250,0	70,0
PM-07	ND	ND	ND	ND	ND	22,0	37,0	NA	NA
PM-09	ND	ND	ND	ND	ND	ND	13,0	ND	270,0
PM-10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	60,0
PM-11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	110,0
PM-12	ND	ND	ND	NA	ND	73,0	27,0	NA	NA
PM-13	ND	17,0	ND	NA	ND	98,0	129,0	NA	NA
PM-14	ND	ND	ND	NA	ND	80,0	23,0	NA	NA
PM-15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	35,0	NA	NA
PM-17	ND	ND	ND	NA	ND	58,0	3245,0	860,0	50,0
PM-18	ND	ND	ND	NA	ND	11,0	207,0	80,0	ND
PM-19	ND	ND	ND	NA	ND	ND	1951,0	15900,0	1200,0
PM-20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7200,0	500,0
PM-21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	14000,0	1700,0
PM-24	ND	ND	ND	ND	ND	13,0	ND	22600,0	300,0
PM-25	ND	ND	ND	NA	ND	13,0	ND	ND	ND
PM-28	ND	ND	19,0	ND	ND	59,0	ND	7300,0	200,0
PM-30	ND	ND	ND	ND	ND	50,0	ND	ND	100,0
PM-30A	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29,0	ND	80,0
PM-31	ND	ND	ND	ND	ND	106,0	108,0	ND	610,0
PM-31A	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	300,0
PM-32	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	16500,0	1000,0
Cetesb Industrial	10	10	50	-	1	20	5000	-	-
Holandês Industrial	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPA Região 9 Industrial	-	-	-	110	-	-	-	-	-

Parâmetros analisados (µg/L)	Arsênio	Chumbo	Cromo	Cromo VI	Mercurio	Níquel	Zinco	Ferro II	Ferro III
L.D.	2,0	2,0	5,0	10,0	0,2	5,0	5,0	10,0	10,0
L.Q.	5,0	10,0	10,0	50,0	1,0	10,0	10,0	50,0	50,0
PM-33	ND	12,0	ND	ND	ND	22,0	ND	ND	ND
PM-34	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	21000,0	800,0
PM-35	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-36	ND	ND	ND	NA	ND	ND	ND	13800,0	500,0
PM-37	ND	25,1	ND	ND	ND	14,0	ND	1790,0	ND
PM-38	ND	ND	ND	ND	ND	17,2	ND	2470,0	ND
PM-39	ND	ND	ND	NA	ND	11,3	ND	390,0	80,0
PM-40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	46,2	ND	ND
PM-41	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	70,0
PM-42	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	130,0
PM-43	ND	ND	ND	NA	ND	ND	ND	NA	NA
PM-44	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-45	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3580,0	ND
PM-46	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	940,0	60,0
PM-48	ND	ND	ND	NA	ND	ND	ND	ND	80,0
PM-49	ND	ND	ND	NA	ND	ND	105,0	ND	80,0
PM-50	ND	ND	ND	NA	ND	ND	15,0	140,0	210,0
PM-51	ND	ND	ND	ND	ND	ND	9,0	ND	110,0
PM-52	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30,0	ND	180,0
PM-53	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA
PM-54	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	90,0
PM-55	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	100,0
PM-55A	ND	ND	ND	ND	ND	ND	17,0	ND	90,0
PM-56	ND	ND	ND	ND	ND	24,0	ND	ND	60,0
PM-56A	64,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	150,0
PM-57	ND	ND	ND	ND	ND	ND	212,0	ND	NA
PM-60	ND	ND	ND	ND	ND	ND	16,0	ND	110,0
PM-60	ND	ND	ND	ND	ND	ND	16,0	ND	110,0
PM-61	ND	ND	ND	ND	ND	ND	54,0	ND	ND
PM-62	ND	24,0	ND	ND	ND	13,4	171,0	ND	80,0
PM-63	ND	ND	ND	NA	ND	ND	22,0	ND	30,0
PM-64	ND	ND	ND	ND	ND	16,0	9,0	ND	40,0
PM-65	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-66	ND	ND	ND	ND	ND	26,0	68,0	NA	NA
PM-67	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	450,0
PM-68	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	140,0	ND
PM-69	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	290,0	ND
PM-70	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA
PM-71	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	350,0
PME-01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	170,0
PME-02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	100,0	50,0
Cetesb Industrial	10	10	50	-	1	20	5000	-	-
Holandês Industrial	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPA Região 9 Industrial	-	-	-	110	-	-	-	-	-

Anexo 2

Mapas e Seções Geológicas



LEGENDA:

- PM00 Poço de Monitoramento
- SP00 Sondagem para amostragem de solo
- Limite da Área de Estudo

TÍTULO: MAPA DE ATIVIDADES

PROJETO: TRABALHO DE FORMATURA - 2007

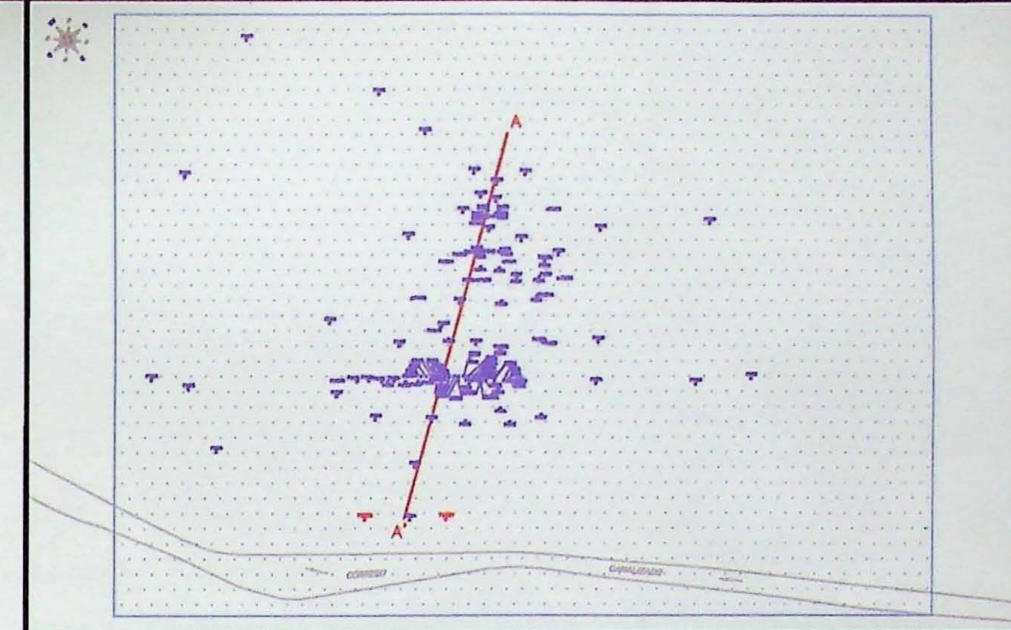
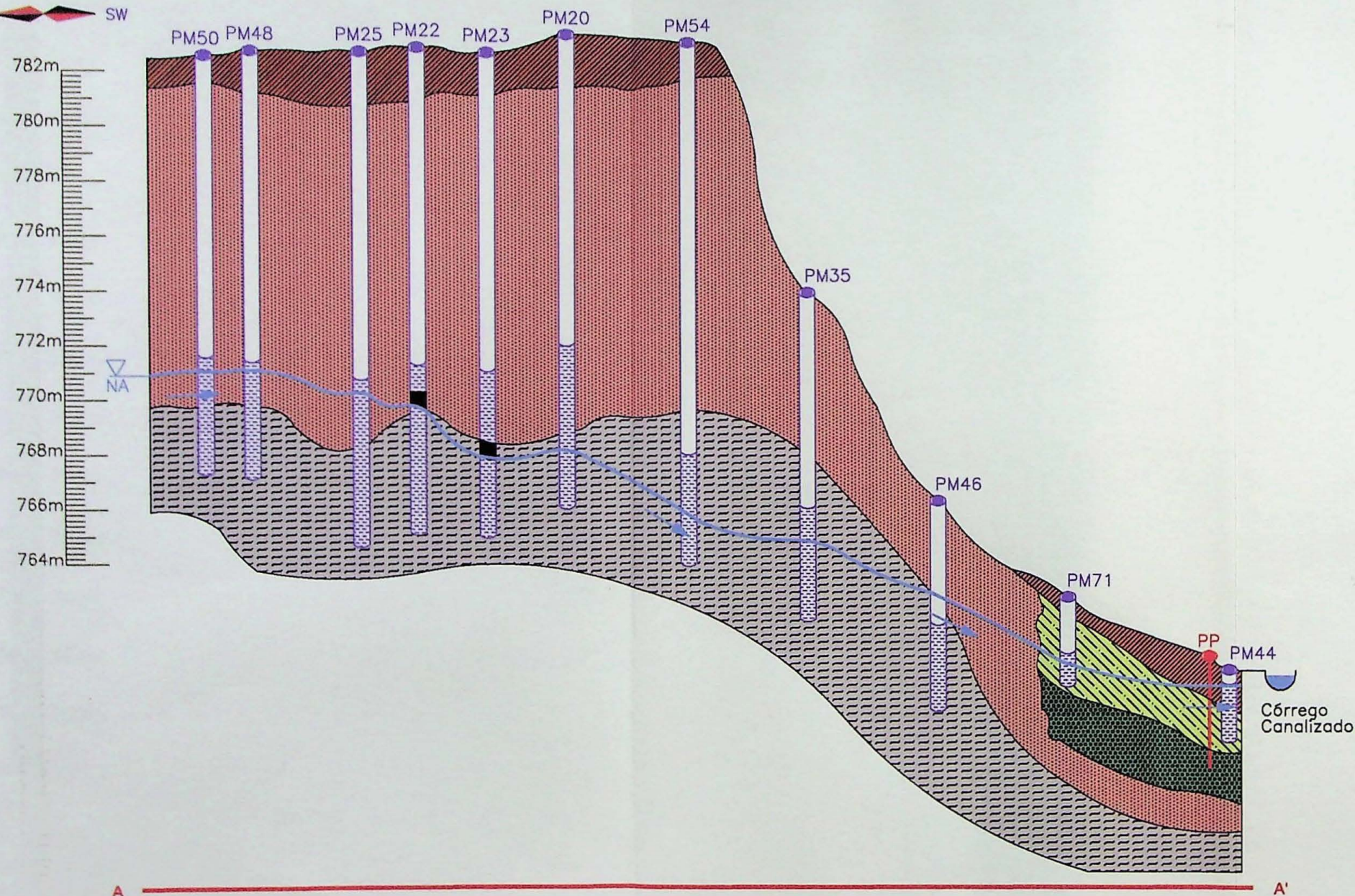
GEOCIÊNCIAS

ESCALA GRÁFICA:



FIGURA: 01

NE SW



LEGENDA:

- Poço de Monitoramento
- Aterro argiloso-arenoso
- Areia fina a grossa, mal selecionada (aluvionar)
- Argila arenosa amarelado (aluvionar)
- Solo de alteração silte-rochoso a argiloso-arenoso, cor variegada (marrom, avermelhado, branco) e porções mais arenosas
- Solo de alteração de rocha gnaissica com estrutura preservada a parcialmente preservada, presença de caulim e micas e granulação argilo-siltosa

- Fase Livre
- PM00 (FL) Poço de Monitoramento com presença de Fase Livre
- Contato inferido
- Nível D'Água
- Acima do Limite de Intervenção - CETESB
- Acima do Limite de Intervenção - Padrão Holandês
- Acima do Limite de Intervenção - EPA Região 9

- Sentido do fluxo
- Não Analisado
- Não Detectado
- Resultados Analíticos

TÍTULO:

SEÇÃO GEOLÓGICA A-A'

PROJETO:

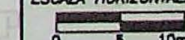
TRABALHO DE FORMATURA - 2007

GEOCIÊNCIAS

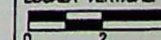
FIGURA:

02

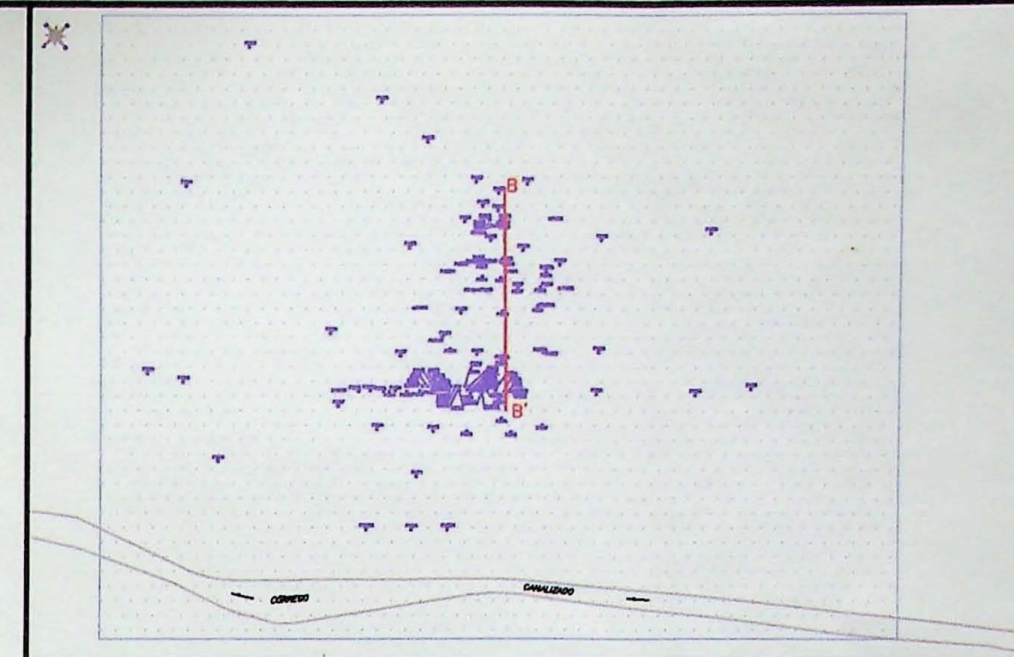
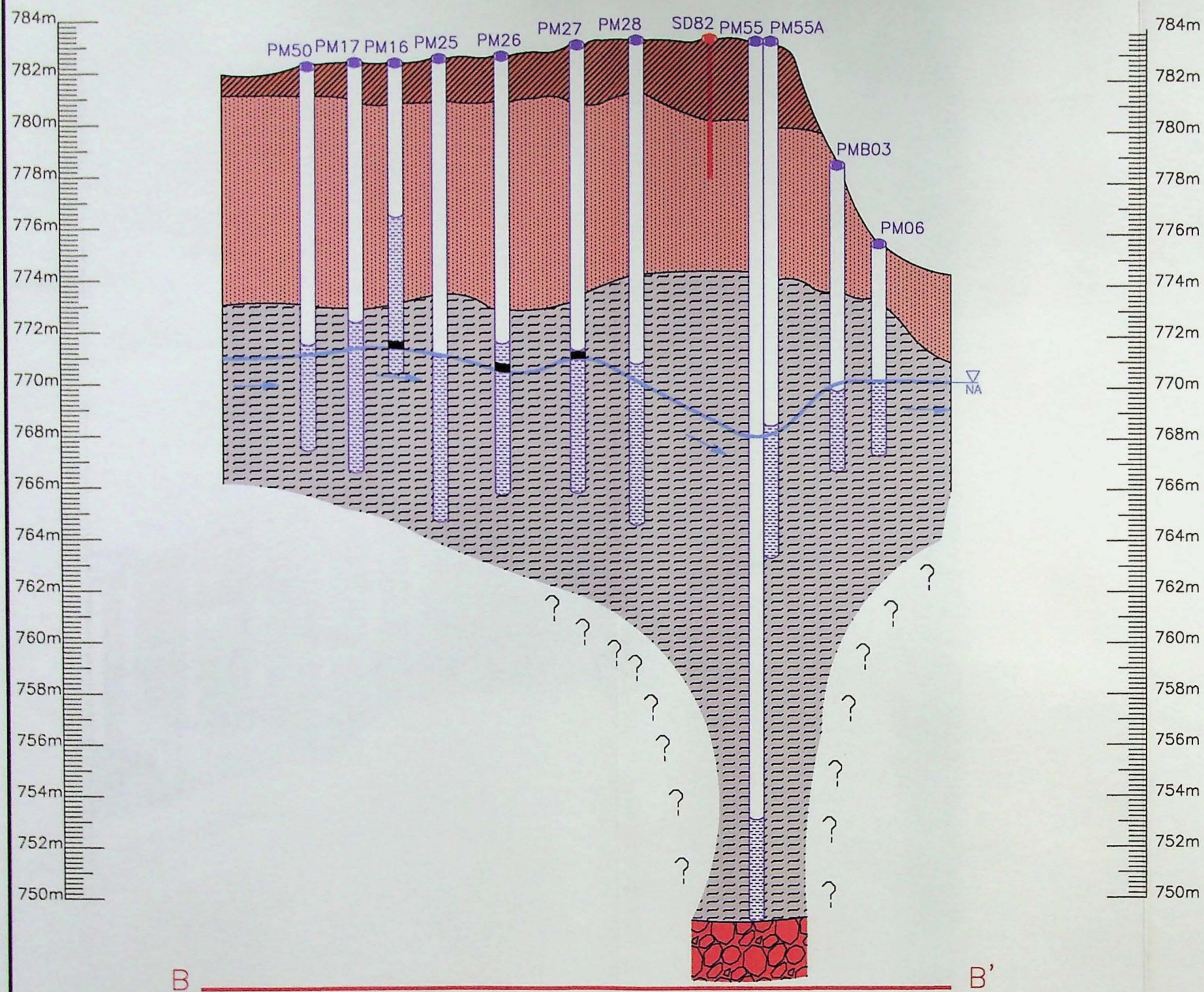
ESCALA HORIZONTAL:



ESCALA VERTICAL:



NE SW



LEGENDA:

- Poço de Monitoramento
- Aterro argiloso-arenoso
- Solo de alteração silto-arenoso a argiloso-arenoso, cor variegada (marrom, avermelhado, branco) com presença de caulim e leitos predominantemente arenoso
- Solo de alteração de rocha gnaissica com estrutura preservada presença de caulim e micas e granulação argilo-siltosa

- Topo rochoso
- Fase Livre
- Nível D'Água
- Não Detectado
- Não Analisado
- Sentido do fluxo

- PM00 (FL) Poço de Monitoramento com presença de Fase Livre
- Resultados Analíticos
- Acima do Limite de Intervenção-CETESB
- Acima do Limite de Intervenção-Padrão Holandês
- Acima do Limite de Intervenção-EPA Região 9

TÍTULO:

SEÇÃO GEOLÓGICA B-B'

PROJETO:

TRABALHO DE FORMATURA - 2007

GEOCIÊNCIAS

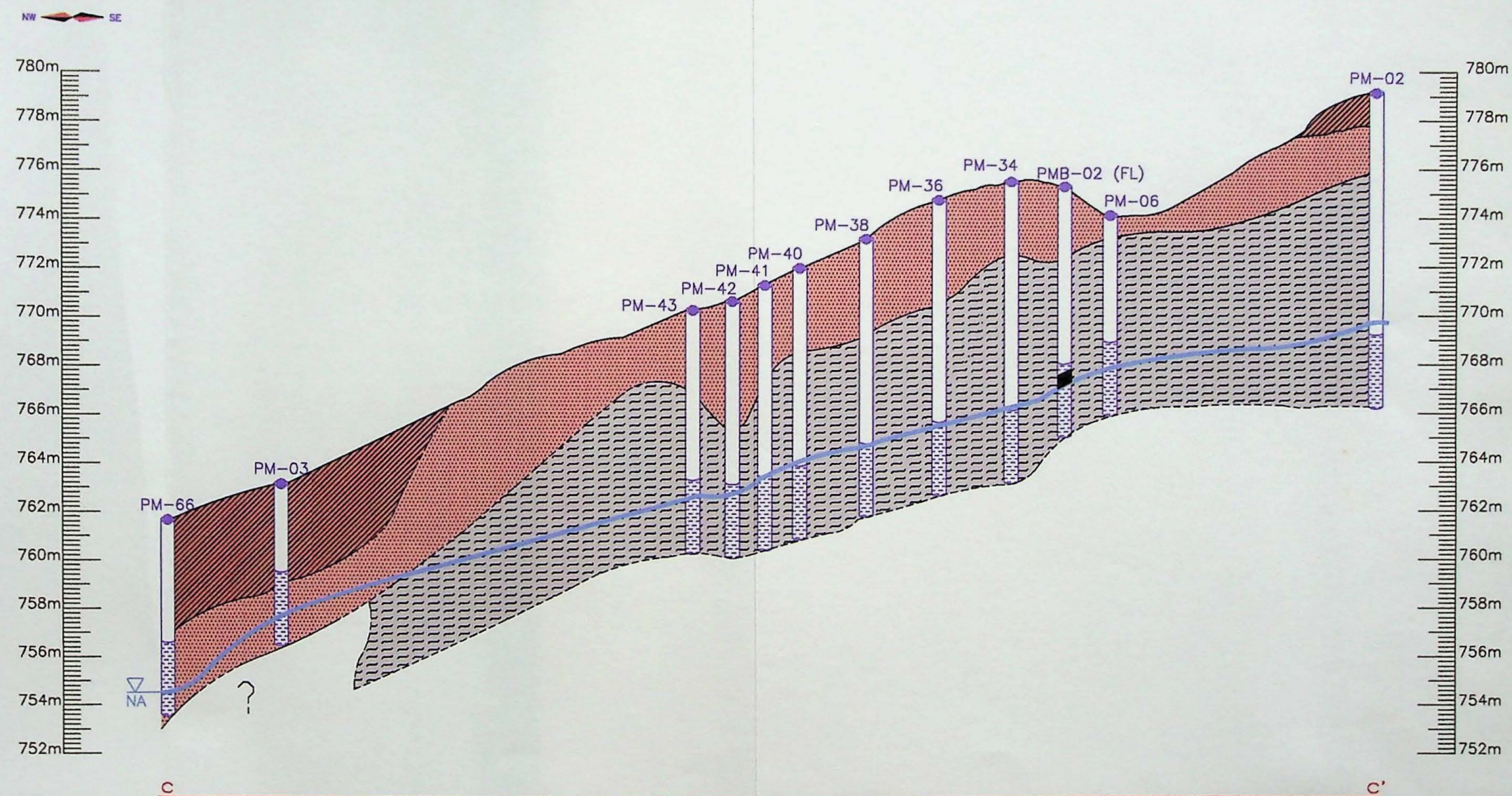
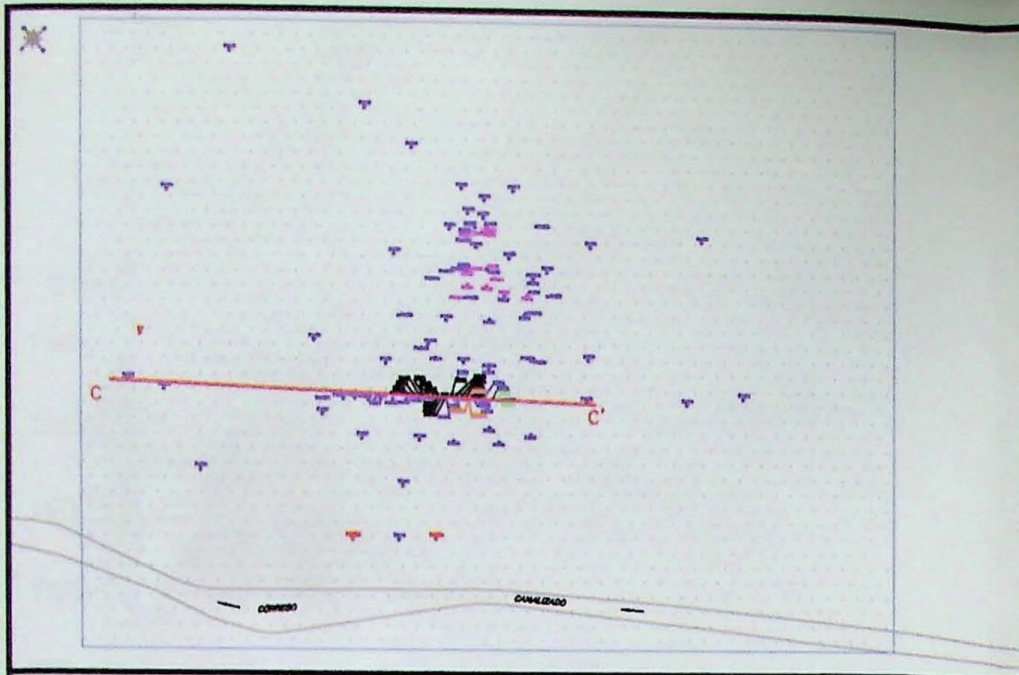
FIGURA: 03

ESCALA HORIZONTAL:

0 10 20m

ESCALA VERTICAL:

0 2 4m



LEGENDA:

- Poço de Monitoramento
- Nível D'Água
- Aterro silte argiloso marrom
- Solo de alteração silto-argiloso, cor variegada (vermelho, amarelo e roxo)
- Solo de alteração de rocha gnaissica com estrutura preservada, presença de micas e granulação argilo-arenosa gradando para areno-argiloso a NW do perfil
- Fase Livre
- Contato inferido

PM00 (FL) Poço de Monitoramento com presença de Fase Livre

- Não Analisado
- Abaixo do Limite de Detecção do Laboratório
- Resultados Analíticos
- Acima do Limite de Intervenção - CETESB
- Acima do Limite de Intervenção - Padrão Holandês
- Acima do Limite de Intervenção - PRG Região 9

TÍTULO:

SEÇÃO GEOLÓGICA C-C'

PROJETO:

TRABALHO DE FORMATURA - 2007

GEOCIÊNCIAS

FIGURA:

04

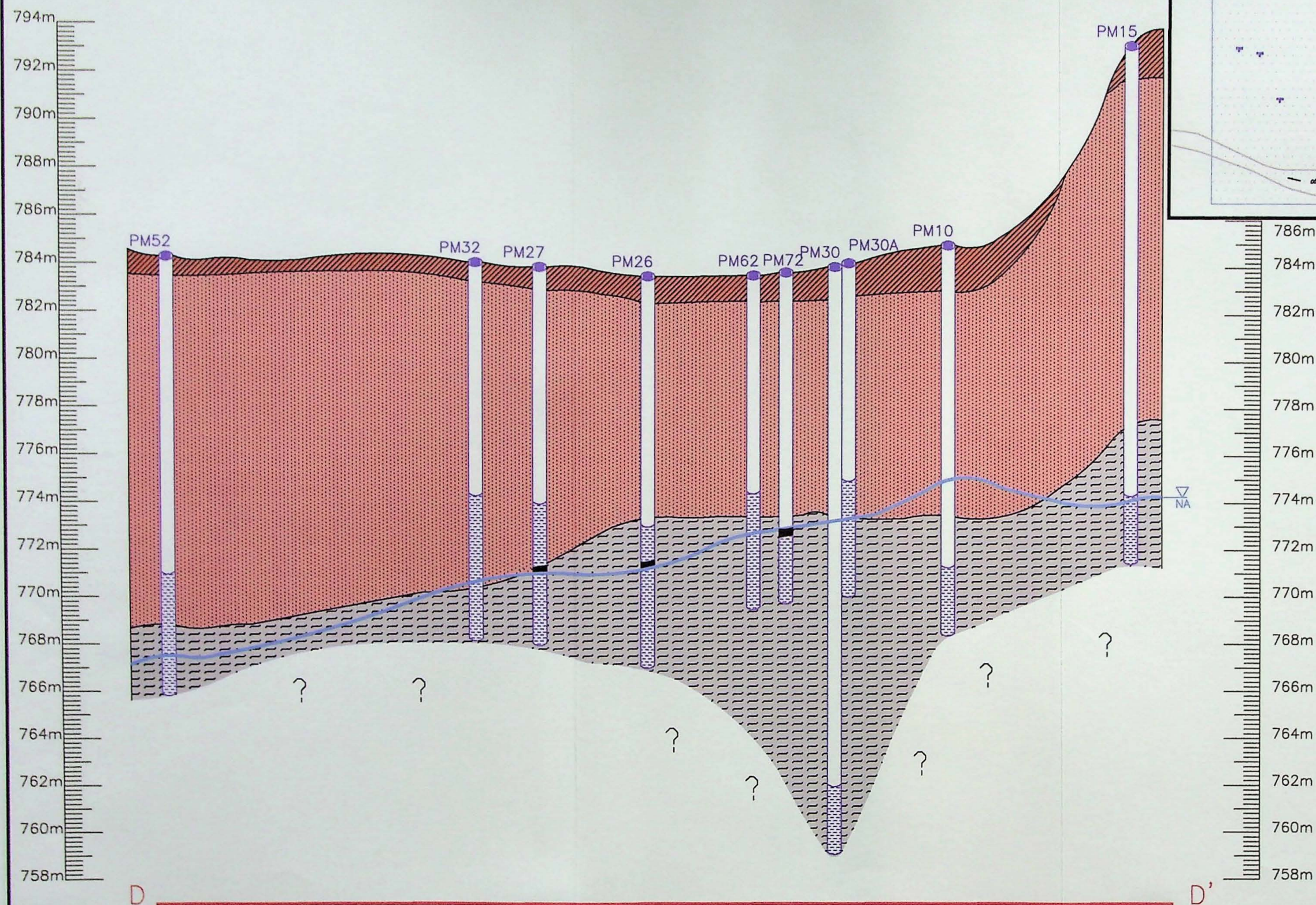
ESCALA HORIZONTAL:

ESCALA VERTICAL:

0 10 20m

0 2 4m

NW SE



LEGENDA:

- PM00 Poço de Monitoramento
- Aterro argiloso-arenoso avermelhado podendo apresentar brita
- Solo de alteração silto-arenoso a argiloso-arenoso, cor variegada (marrom, avermelhado, roxo, vermelha) com presença de mica
- Solo de alteração de rocha gnaissica com estrutura preservada presença de caulim e micas e granulação argila-siltosa
- Fase Livre

- PM00 (FL) Poço de Monitoramento com presença de Fase Livre
- Contato inferido
- Nível D'Água
- Acima do Limite de Intervenção - CETESB
- Acima do Limite de Intervenção - Padrão Holandês
- Acima do Limite de Intervenção - PRG Região 9

- NA Não Analizado
- ND Abaixo do Limite de detecção do Laboratório
- Resultados Analíticos

TÍTULO:

SEÇÃO GEOLÓGICA D-D'

PROJETO:

TRABALHO DE FORMATURA - 2007

GEOCIÊNCIAS

FIGURA:

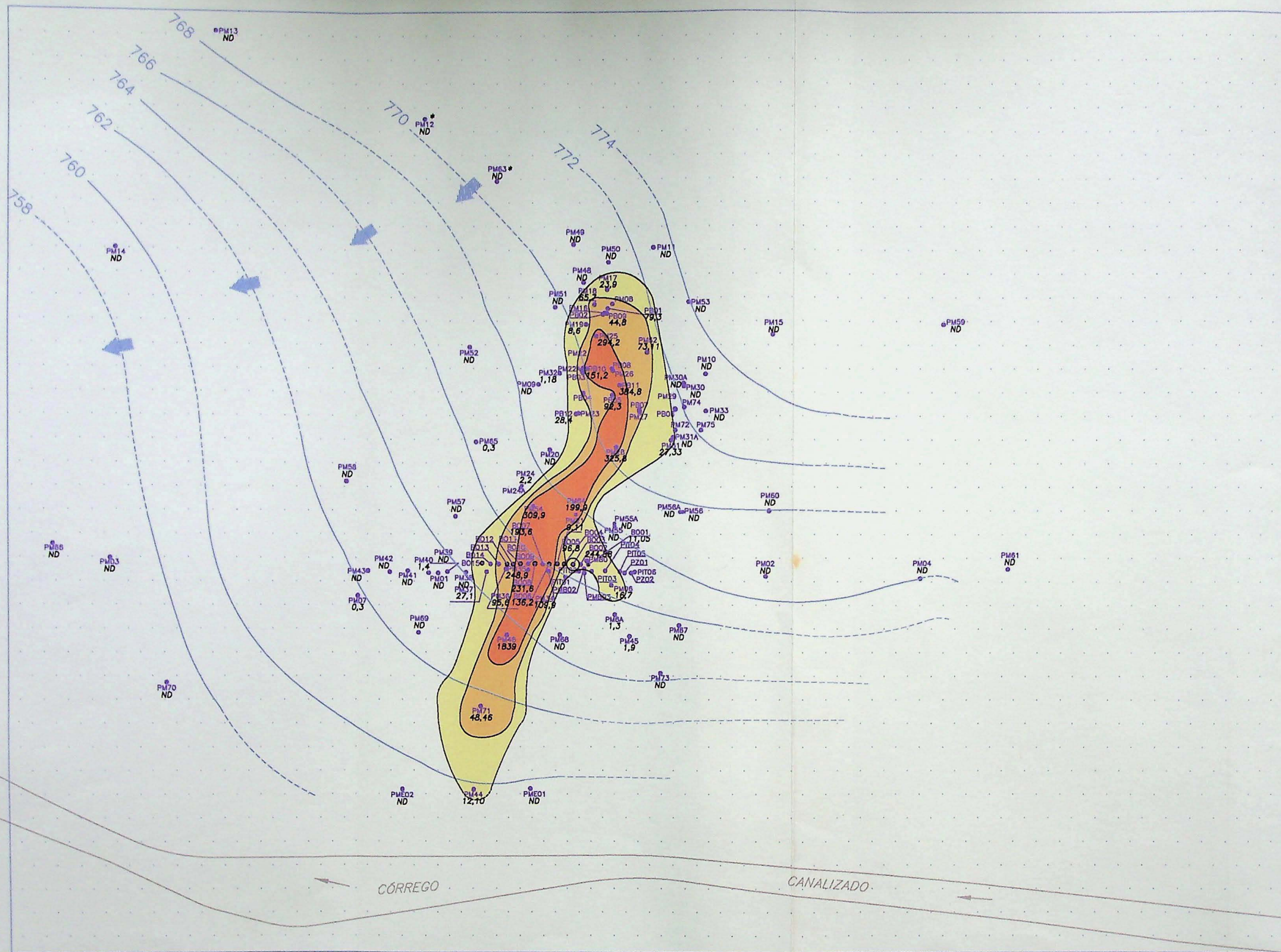
05

ESCALA HORIZONTAL:

0 10 20m 0

ESCALA VERTICAL:

2 4m



LEGENDA:

- Poço de Monitoramento
- Linhas Equipotenciais de Fluxo
- - - Linhas Equipotenciais de Fluxo Inferidas
- ➔ Sentido do Fluxo
- (000,000) Cota do Nível D'Água
- * Valor topográfico do nível d'água não cominado

- Linhas de Isoncentração
- Limite da Área de Estudo

PARÂMETROS DETECTADOS CETESB

Benzeno 5

Benzeno (ppb)

- 5-40
- 40-100
- > 100

TÍTULO: ISOCONCENTRAÇÃO DE BENZENO

PROJETO: TRABALHO DE FORMATURA - 2007

GEOCIÊNCIAS

ESCALA GRÁFICA:
0 10 20m

FIGURA: 07



LEGENDA:

- Poço de Monitoramento
- Linhas Equipotenciais de Fluxo
- Linhas Equipotenciais de Fluxo Inferidas
- Sentido do Fluxo
- (000,000) Cota do Nível D'Água
- * Valor topográfico do nível d'água não cominado

- Linhas de Isoncentração
- Limite da Área de Estudo

PARÂMETROS DETECTADOS	CETESB
Tolueno	700
Tolueno (ppb)	
	700 - 5000
	5000 - 20000
	> 20000

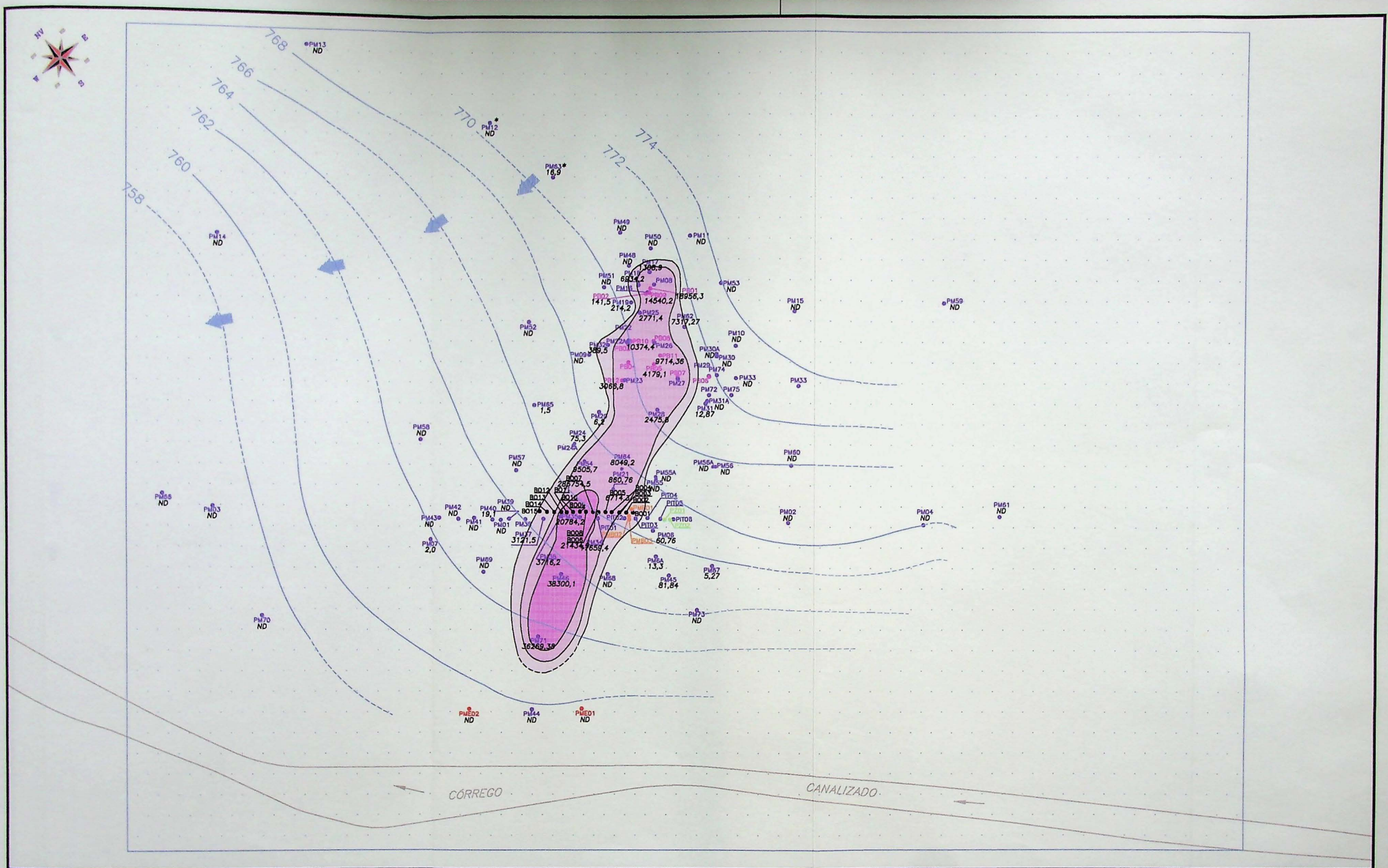
TÍTULO: ISOCONCENTRAÇÃO DE TOLUENO

PROJETO: TRABALHO DE FORMATURA - 2007

GEOCIÊNCIAS

ESCALA GRÁFICA:
0 10 20m

FIGURA: 08



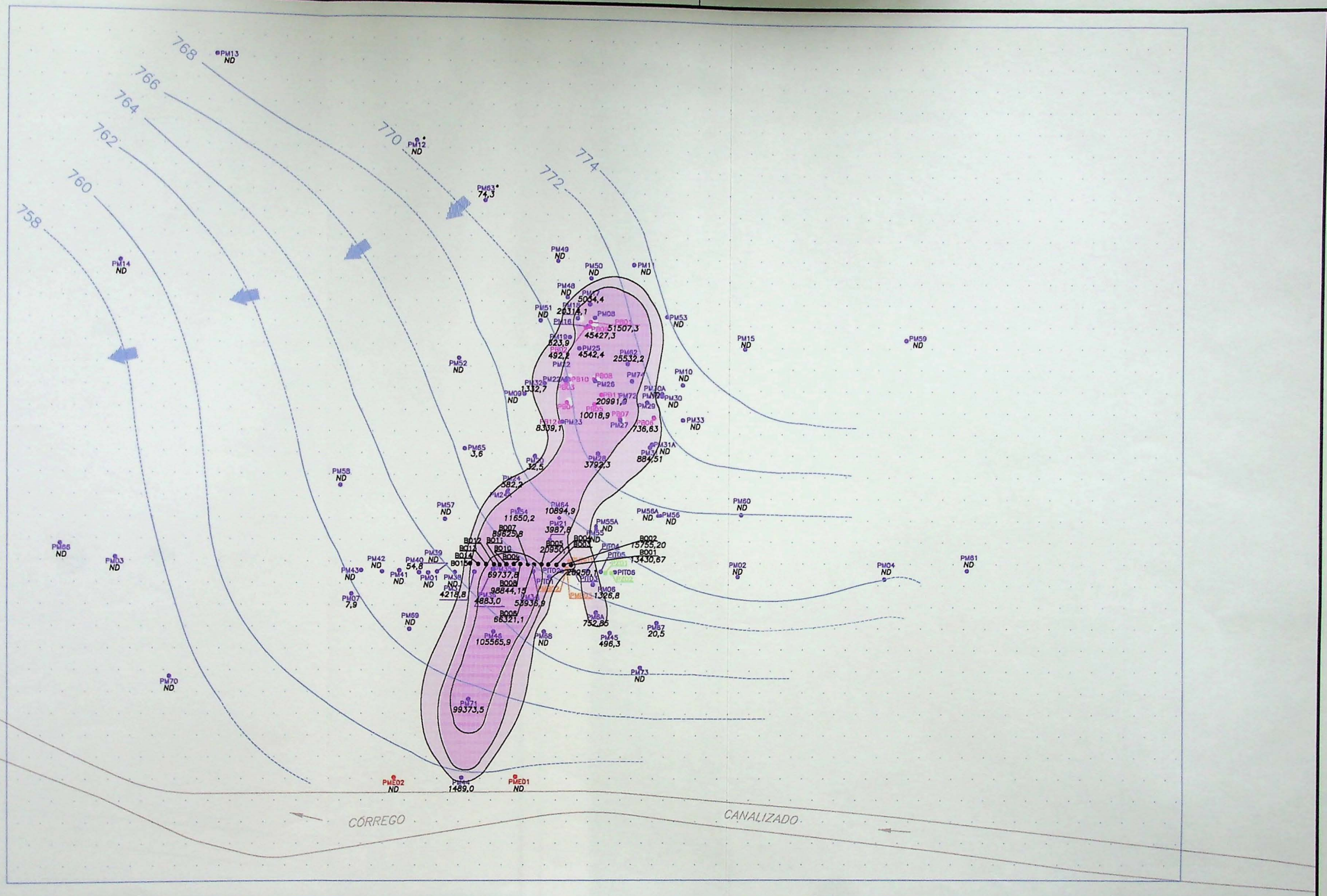
LEGENDA:

- PM00 Poço de Monitoramento
- Linhas Equipotenciais de Fluxo
- Linhas Equipotenciais de Fluxo Inferidas
- Sentido do Fluxo
- (000,000) Cota do Nível D'Água
- * Valor topográfico do nível d'água não cominado

- Linhas de Isoncentração
- Limite da Área de Estudo

PARÂMETROS DETECTADOS	PADRÃO HOLANDES
Etilbenzeno	300
Etilbenzeno (ppb)	
300 - 2000	
2000 - 20000	
> 20000	

TÍTULO:	ISOCONCENTRAÇÃO DE ETILBENZENO
PROJETO:	TRABALHO DE FORMATURA - 2007
GEOCIÊNCIAS	
ESCALA GRÁFICA:	0 10 20m
FIGURA:	09



LEGENDA:

- Poço de Monitoramento
- Linhas Equipotenciais de Fluxo
- Linhas Equipotenciais de Fluxo Inferidas
- Sentido do Fluxo
- (000,000) Cota do Nível D'Água
- * Valor topográfico do nível d'água não cominado

- Linhas de Isoncentração
- Limite da Área de Estudo

PARÂMETROS DETECTADOS

Xlenos

Xlenos (ppb)

- 500-3000
- 3000-40000
- > 40000

CETESB

500

TÍTULO:

ISOCONCENTRAÇÃO DE XLENOS

PROJETO:

TRABALHO DE FORMATURA - 2007

GEOCIÊNCIAS

ESCALA GRÁFICA:

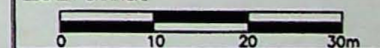
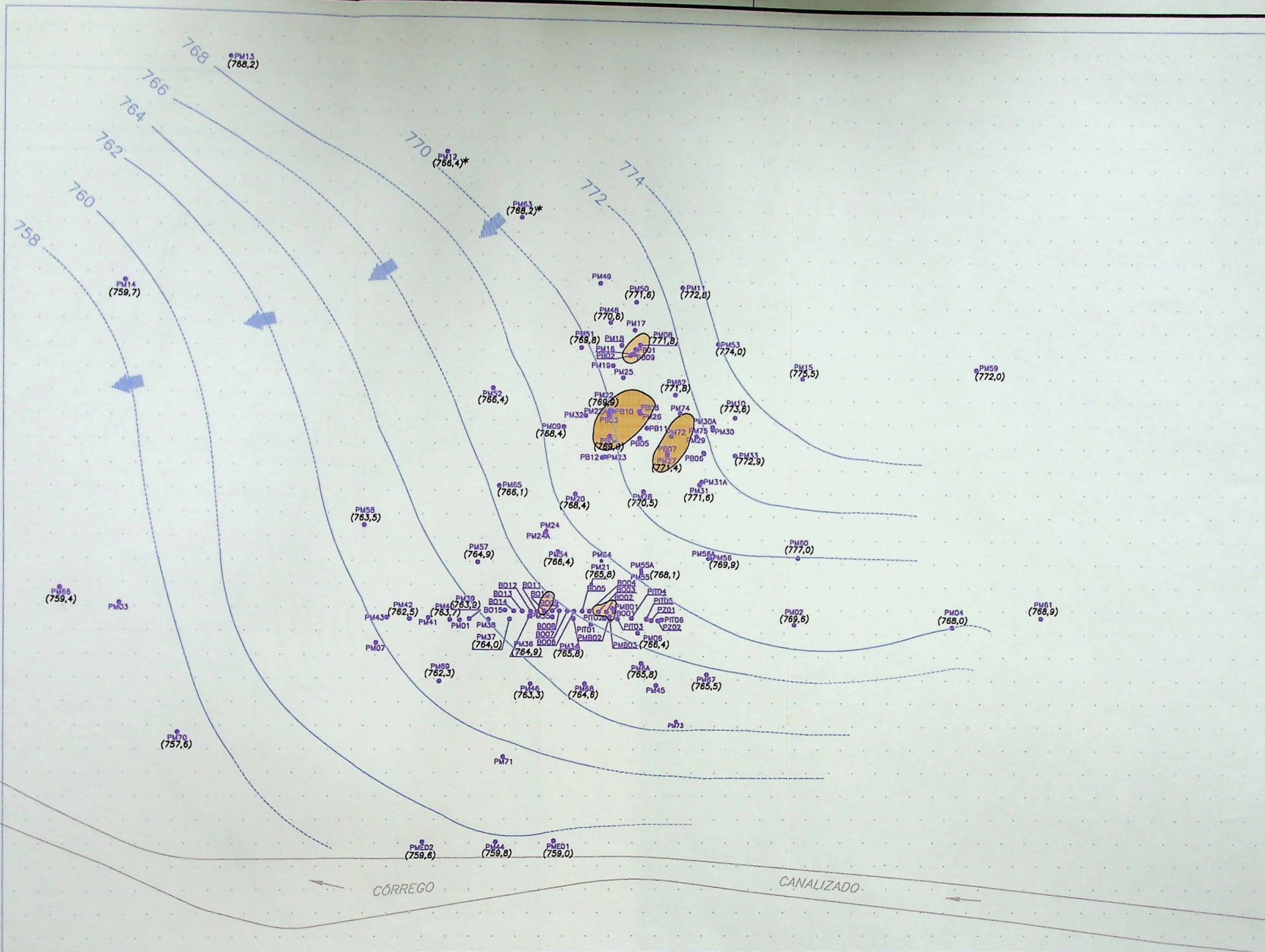


FIGURA: 10



Medição: 18/06/2007

LEGENDA:

- Poço de Monitoramento
- Linhas Equipotenciais de Fluxo
- Linhas Equipotenciais de Fluxo Inferidas
- Sentido do Fluxo
- Cota do Nível D'Água
- Valor topográfico do nível d'água não cominado

- Linhas de Limitação
- Limite da Área de Estudo

Espessura de Fase Livre

- < 10cm
- > 10 cm

TÍTULO:

MAPA DE ESPESSURA DE FASE LIVRE - JUN/07

PROJETO:

TRABALHO DE FORMATURA - 2007

GEOCIÊNCIAS

ESCALA GRÁFICA:

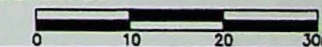
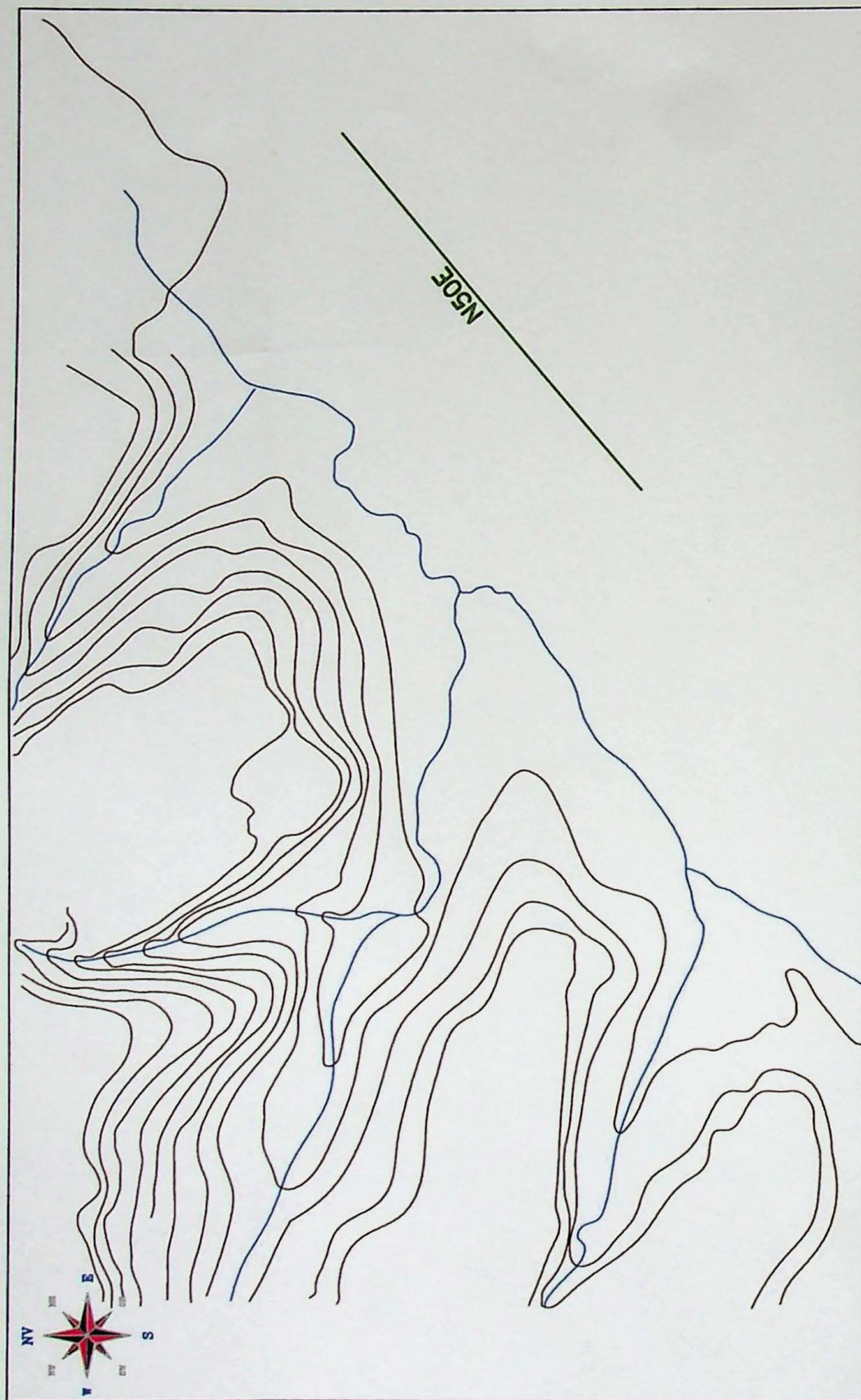


FIGURA: 11



Legenda:

- Direção das Estruturas Regionais
- Rios e Drenagens
- Curvas de Nível

TÍTULO:	MAPA DO PADRÃO DE DRENAGENS
PROJETO:	TRABALHO DE FORMATURA - 2007
FIGURA:	12
ESCALA GRÁFICA:	0 100 200 300m

DOAÇÃO
<i>IGL-USP</i>
Data: <i>07/05/08</i>

