



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



ISABEL CAMARERO PINTO

**MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
DO ATERRO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO
CIVIL E INERTES, NO BAIRRO JD. WENZEL, EM
RIO CLARO – SP**

*Monografia apresentada à Comissão de Trabalho de
Formatura do Curso de Graduação em Engenharia
Ambiental, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
– Unesp, Campus de Rio Claro, como parte das
exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho
de Formatura no ano letivo de 2010*

Orientador: Prof. Dr. Edson Gomes de Oliveira

Rio Claro – SP
2010

604.6 Camarero, Isabel Pinto
C172m Monitoramento das águas subterrâneas do aterro de
construção civil e inertes no bairro Jd. Wenzel, em Rio Claro
(SP) / Isabel Pinto Camarero. - Rio Claro : [s.n.], 2010
45 f. : il., figs., tabs., quadros, fots., mapas + fots.

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas
Orientador: Edson Gomes de Oliveira

1. Resíduos. 2. Contaminação. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



ISABEL CAMARERO PINTO

**“MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO
ATERRO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E
INERTES, NO BAIRRO JD. WENZEL, EM RIO CLARO – SP”**

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro (SP), da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Edson Gomes de Oliveira

José Eduardo Zaine

Renato Roland Correa da Silva

Rio Claro, 04 de Dezembro de 2010.

Isabel Camarero Pinto

Edson Gomes de Oliveira

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus e a Vida pelas oportunidades e encontros que até hoje me foram proporcionados.

A começar pelos meus pais, Marco Antonio e Maria Cecília, que me puseram aqui e que além de seguirem sempre comigo, foram imprescindíveis para que eu começasse e terminasse esta importante etapa da minha vida;

Depois pelo Marcelo, por ser meu irmão, sempre me incentivando e defendendo nas minhas aventuras e desventuras;

Agradeço por nascer nas famílias Camarero e Pinto, e mais tarde também pertencer às famílias Navas e Freitas, aumentando em número e qualidade o meu ciclo familiar.

Agradeço às minhas atuais e remotas companheiras Cabeçadas, que se tornaram familiares e cuja convivência me ensinou (e ainda ensina), entre muitas coisas, que há de se fazer dar certo, pois harmonia e amor também são questões de treino (e, diga-se de passagem, somos muito boas nisso.)

Agradeço muito ao Professor Edson, meu orientador e amigo, por sua disponibilidade, prontidão, paciência, espírito esportivo e por seus muitos ensinamentos, durante este último ano;

Agradeço ao Joselito, recém chegado amigo e parceiro de trenadas, que me ajudou diretamente com este trabalho;

Agradeço por ter feito parte da Turma 2006 de Engenharia Ambiental da Unesp em Rio Claro, do quarto 13 e da Rep. Cabeças; por ser vizinha da Rep. Mansão, os vizinhos mais parceiros, xavequeiros e lindos que eu já tive.

Agradeço por ter conhecido e me misturado com pessoas como Ana Maria, mais conhecida como Aninha, ou Ana Maguia, aquela da cabine, do biquine, (que me disse um dia que “às vezes, temos que inventar tempo, pra não faltar vida”); o Fabinho, meu querido amigo virtual e o trio Tau, Tata e Edna, sempre queridas e guardadas;

E como esquecer da dupla Dona Irani e Seu Paiola, guardiões e queridos amigos do Lar Cabeças;

Agradeço à amizade e o carinho das várias gerações das Repúblicas Atoas, Manicômio, Sete Anões, Pocas&Boas (Record), 3 por 1, Refúgio, Enrosco, Deic, e Caenga.

Obrigada por colaborarem para que eu não tenha mais nada o que desejar.

As ausências certamente se farão presente.

E por fim:

*“Agradeço aos que me criticam em tudo;
Agradeço tanto aos que me deixam louca,
Quanto aos que enlouqueço.
Aos amigos que correm,
Aos amigos que contemplam.
Aos que me consideram muito,
E aos que, com razão, fazem pouco.
Aos que conhecem o que penso,
E aos que só conhecem o que faço.
Aos que passam o dia todo comigo,
E aos que estão todo o tempo em mim.
Este trabalho é a soma de todos vocês.
E se ele não é melhor,
É por falta de memória,
Mas não por falta de amigos.”*

(Autor desconhecido – Adaptado)

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	7
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO.....	2
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	2
3.1 LOCALIZAÇÃO.....	2
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E DO ENTORNO.....	3
3.3 GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL.....	3
3.4 DADOS FISIográficos.....	4
3.5 HIDROGEOLOGIA DA ÁREA.....	6
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E INERTES E SUA GESTÃO.....	6
4.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	9
4.2.1 <i>Gestão e demanda de recursos hídricos na região</i>	11
4.3 CONTAMINANTES E FONTES DE CONTAMINAÇÃO.....	12
4.3.1 <i>Os esmaltes e pigmentos das cerâmicas e o seu potencial de risco</i>	12
4.3.2 <i>As Fibras de Vidro e o seu potencial de risco</i>	13
4.3.3 <i>Chumbo e Cádmio:</i>	14
4.3.4 <i>Boro</i>	15
5 METODOLOGIA E ETAPAS DO TRABALHO.....	16
5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
5.2 ATIVIDADES DE CAMPO.....	16
5.2.1 <i>Avaliação Estatística do Resíduo:</i>	16
5.2.2 <i>Acompanhamento da instalação dos Poços de Monitoramento</i>	17
5.2.3 <i>Determinação da Altimetria e Coordenadas dos poços de Monitoramento</i>	17
5.2.4 <i>Determinação do Nível de Água dos Poços de Monitoramento</i>	18
5.2.5 <i>Acompanhamento das Amostras das águas subterrâneas</i>	18
5.2.6 <i>Análise da Água Subterrânea</i>	18
5.3 TRABALHO DE ESCRITÓRIO.....	18
5.3.1 <i>4.3.1. Geometria do Aterro</i>	18
5.3.2 <i>Determinação do nível potenciométrico e linhas de fluxo</i>	18
5.3.3 <i>Análise dos dados e Elaboração de Relatório final</i>	18
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19

6.1	AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESÍDUOS	19
6.2	ALTIMETRIA, COORDENADAS E NÍVEL DE ÁGUA DOS POÇOS:.....	22
6.3	QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	22
6.3.1	Parâmetros físicos da água	23
6.3.2	Resultados Analíticos.....	23
6.4	GEOMETRIA DO ATERRO	27
6.5	MAPA POTENCIOMÉTRICO	27
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	28
	REFERÊNCIA.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Localização de Rio Claro, e da área do Aterro Wenzel, no Estado de São Paulo.....	2
Figura 2	Imagem da área e seu entorno.....	3
Figura 3	Variações de temperatura, precipitações pluviiais e evaporação para a Região de Rio Claro	5
Figura 4:	Balanço Hídrico Normal Mensal de Rio Claro	5
Figura 5:	Tipos de Aquíferos	10
Figura 6:	Fluxograma dos métodos e etapas de trabalho.	19
Figura 7:	Ilustração dos tipos e frequências dos Resíduos encontrados no aterro (2010).....	20
Figura 8:	Tipos e frequência dos Resíduos (2007).	21
Figura 9:	Comparação entre os resíduos avaliados em 2006 e 2010.	22
Figura 10:	Concentrações do PJ-02.....	26
Figura 11:	Concentrações do PJ-03.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição média da fração mineral do entulho nas cidades de Ribeirão Preto e São Carlos.....	7
Tabela 2	Captações superficiais e subterrâneas nas Bacias PCJ.	12
Tabela 3:	Tipo e Frequência dos Resíduos observados <i>in situ</i>	20
Tabela 4	Estatística dos resíduos feita em 2007	21
Tabela 5:	Altimetria, Coordenadas e N.A dos Poços.....	22

Tabela 6: Características Físicas da Água Subterrânea.	23
Tabela 7: Resultados Analíticos das amostragens e Valores Orientadores para Águas Subterrâneas, CETESB(2005).....	23

ANEXOS

ANEXO I: Mapa potenciométrico da Área.....	32
ANEXO II: Fotos das Atividades de Campo.....	33

RESUMO

O presente trabalho tem como proposta avaliar o potencial de risco de um aterro de inertes na Cidade de Rio Claro (SP), e também sugerir uma origem para as contaminação. O estudo foi proposto pois é sabido que não foram cumprimentos técnicos legais que garantam a qualidade das águas subterrâneas. Diante de exigências da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), foram instalados poços de monitoramento na área; amostrou-se a água subterrânea e constatou-se sua contaminação. Além disso, foram analisadas as principais características da área, como a disposição e características dos resíduos, a geologia local e o sistema hidrogeológico, para que fosse possível encontrar a origem dos contaminantes, e prever o sentido da dispersão dos mesmo nas águas subterrâneas. No final do trabalho são apresentadas conclusões, recomendações e propostas de ações mitigadoras.

PALAVRAS CHAVE: Contaminação, Águas Subterrâneas, Aterro da Construção Civil e de Inertes.

ABSTRACT

This work is proposed to evaluate the potential risk of an inert landfill in the city of Rio Claro (SP), and also suggest a source for the contamination. The study was proposed because it is known that there were legal technicalities greetings to guarantee the quality of groundwater. Given the requirements of the Environmental Company of São Paulo (CETESB) were installed monitoring wells in the area; sampled to groundwater and its contamination was found. In addition, we analyzed the main characteristics of the area, the arrangement and characteristics of the waste, the local geology and the hydrogeological system, so that I could find the source of contaminants, and predict the direction of dispersion even in groundwater. At the end of the work presents conclusions, recommendations and proposals for mitigating action.

KEY WORDS: Contamination, Groundwater, Landfill Construction and Aggregates

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Rio Claro (SP), assim como a maior parte das cidades brasileiras, tem apresentado grandes problemas relacionados à má (ou ausente) gestão ambiental, como a disposição inadequada de resíduos sólidos, dentre outros problemas crônicos, em desconformidade com as leis e normas que regularizam o gerenciamento dos recursos naturais.

Nesta cidade, no bairro Vila Wenzel, funcionou entre as décadas de 60 e 80, a empresa Cerâmica Wenzel Ltda., que promovia extração de argila da Formação Corumbataí. Nos anos 90 a empresa paralisou suas atividades e deixou no local uma grande cava, que acabou sendo utilizada, inicialmente, de modo clandestino, como receptora de resíduos de toda ordem, indiscriminadamente.

Posteriormente, pela exacerbação dessa atividade ilícita, houve denúncias à Promotoria e a empresa foi obrigada a iniciar a sua regularização ambiental, o que fez precariamente.

A partir de então a área passou a receber Resíduos da Construção Civil e Inertes, que não deveriam comprometer a qualidade ambiental, se fossem manejados adequadamente.

Atualmente, com as atividades industriais encerradas, a área é a única que está credenciada, de modo precário, para receber resíduos sólidos da construção civil e/ou inertes na cidade. Apesar de não funcionar com as licenças ambientais cabíveis exigidas pela CETESB, segue funcionando de maneira inadimplente.

Nos últimos meses, a CETESB vêm exigindo, através de Autos de Infração e Multas, a Licença Ambiental de Operação.

Devido a este contexto, considerando-se os riscos de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas bem como as exigências da CETESB para o licenciamento da área, fez-se necessária essa avaliação sobre a qualidade das águas subterrâneas, bem como uma análise das origens e causas de uma suposta contaminação, que é a proposta do presente trabalho.

2 OBJETIVO

O objetivo primordial do trabalho é fazer uma investigação sobre a qualidade das águas subterrâneas da área do Aterro Wenzel, de Resíduos de Construção Civil e Inertes, situado na cidade de Rio Claro – SP, já que o monitoramento dessas águas é uma das exigências para o licenciamento do empreendimento.

Secundariamente têm-se como objetivo a investigação das fontes e causas de contaminação desta água, bem como sugerir o potencial de risco de outros aterros similares a este.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 Localização

A área do aterro está localizada em Rio Claro (SP), no Bairro Jardim Wenzel, no cruzamento da Av. 52 com a Rua 22. Sua localização está ilustrada nas figuras 1 e 2.



Figura 1: Localização de Rio Claro, e da área do Aterro Wenzel, no Estado de São Paulo.

Fonte: (Google, 2010)



Figura 2 Imagem da área e seu entorno

Fonte: Adaptado (GoogleEarth,2010).

3.2 Caracterização da Área e do Entorno

Como pode ser observada na figura 2, a área se localiza dentro de uma zona urbana, cercada por prédios residenciais, escolas, igrejas, postos de abastecimento e comércios de pequeno porte.

A área possui a seguinte constituição:

Área Total =39.792,00 m²,

Área Aterro=31.537,00 m².

Área de mata já existente=2.938,00 m².

Área de Preservação Permanente (APP) =5.317,00 m² (OLIVEIRA,2006).

3.3 Geologia Regional e Local

De acordo com Zaine (2000), o município de Rio Claro (SP) está localizado no setor ocidental da província geomorfológica denominada Depressão Periférica Paulista, na zona do Médio Tietê. É nesta região que se localizam as cabeceiras do Rio Corumbataí e de seus afluentes: Ribeirão Claro e Passa Cinco, que se deslocam para o sul, em direção ao Rio Piracicaba que, correndo em sentido oeste, leva suas águas para o Rio Tietê.

A cidade situa-se na parte nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, composta por rochas sedimentares e vulcânicas das eras Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica. Diversas formações fazem parte da Bacia Sedimentar do Paraná. São elas: Itararé,

Tatuí, Irati, Corumbataí e Rio Claro. Porém, predominam no município a Formação Corumbataí (dominante), com afloramentos da Formação Rio Claro que recobre a maior parte da área urbana da cidade, compreendendo as camadas mais superficiais da Bacia na região.

A Formação Corumbataí ocorre na porção compreendida entre a média e baixa vertente dos vales do Ribeirão Claro e do Rio Corumbataí, com grande expressão em área. Devido à sua litologia de baixa permeabilidade (siltitos e argilitos cinza-avermelhados/esverdeados e arroxeados), apresenta alta densidade de drenagem, com a formação de feições características, como os anfiteatros de nascentes.

A Formação Rio Claro é essencialmente composta de arenitos mal selecionados, amarelo-avermelhados, friáveis, por vezes com estratificações cruzadas e níveis conglomeráticos. É comum na base da unidade a ocorrência de grande quantidade de seixos, principalmente de quartzo e quartzito.

A unidade repousa em discordância sobre diferentes unidades estratigráficas, dependendo do grau de erosão do topo destas unidades. Na área urbana de Rio Claro, formam extensos chapadões sobre a Formação Corumbataí e regionalmente, ocorre sobre as formações Corumbataí, Irati e Tatuí.

O aterro se localiza sobre as rochas sedimentares da Formação Corumbataí, que é formado por argilitos e siltitos compactos e folheados de cor vermelho, roxo e amarelo-esverdeado, de idade Permiana; e pela Formação Rio Claro.

Por se tratar de uma antiga mineração de argilito, o substrato onde a lavra foi paralisada, é constituído de rocha sã possuindo, portanto alta capacidade de suporte mecânico e baixa permeabilidade. (OLIVEIRA, 2006).

3.4 Dados Fisiográficos

Na área do aterro nasce um córrego que flui no sentido sudoeste, sendo afluente do Rio Corumbataí. que por sua vez está inserido na Bacia Hidrográfica do Piracicaba, pertencente à UGRHI-5.

Segundo Oliveira (2006a), a área do aterro é representada pelo flanco de uma colina, com a encosta voltada para o sul, e com gradientes variando de suaves a abruptos. As altitudes variam de 570 m a aproximadamente 615 m.

O clima da região é do tipo tropical, com estações chuvosas durante os meses de novembro a abril e estação seca durante os meses de maio a outubro.

A temperatura média anual é de 21,6°C, com máximas e mínimas variando de 24°C a

28°C.

A Figura 3 é uma tabela com os valores de precipitação na cidade de Rio Claro entre os anos 1941 e 1970.

Segundo o gráfico da Figura 4, entre os meses de Abril e Setembro ocorre um déficit hídrico na região, sendo a evapotranspiração maior do que a Evaporação e a Infiltração.

Município: Rio Claro - SP
Latitude: 22,41 S Longitude: 47,58 W Altitude: 612 m Período: 1941-1970

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	24,2	226	121	100	121	0	105
Fev	24,4	205	113	100	113	0	92
Mar	23,8	149	113	100	113	0	36
Abr	21,7	44	82	68	76	6	0
Mai	19,4	44	61	58	55	6	0
Jun	18,1	29	48	48	39	9	0
Jul	18,0	20	48	36	32	17	0
Ago	19,8	25	63	25	36	27	0
Set	21,3	53	77	19	58	19	0
Out	22,3	126	94	52	94	0	0
Nov	23,0	132	103	80	103	0	0
Dez	23,6	199	117	100	117	0	62
TOTAIS	259,6	1.252	1.040	785	957	83	295
MÉDIAS	21,6	104	87	65	80	7	25

Fonte: DAEE

Figura 3 Variações de temperatura, precipitações pluviiais e evaporação para a Região de Rio Claro

Fonte: (EMBRAPA, apud. DAEE)

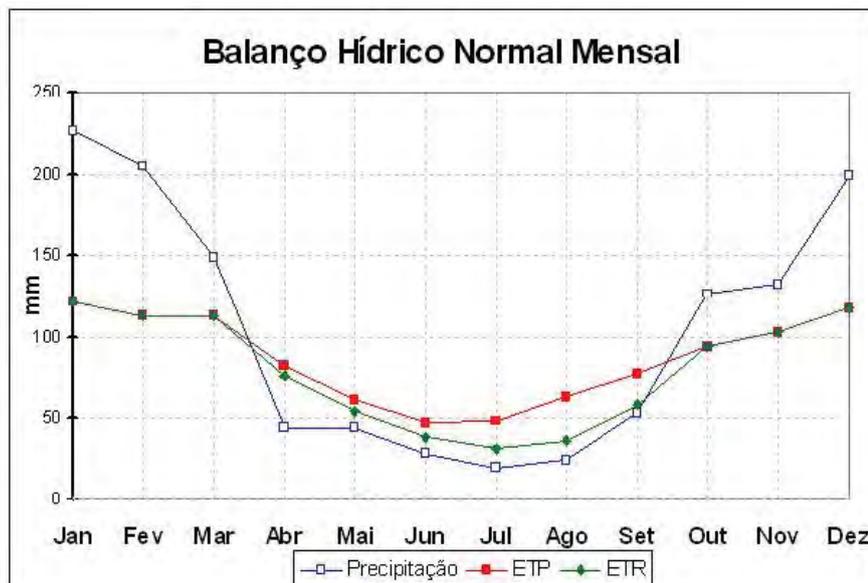


Figura 4: Balanço Hídrico Normal Mensal de Rio Claro

Fonte: (EMBRAPA)

3.5 Hidrogeologia da área

Na área do aterro ocorrem os seguintes aquíferos:

- a) O aquífero freático, representado pela água da zona saturada, no meio poroso do solo, em contato direto com a pressão atmosférica;
- b) O aquífero subjacente é representado pela água circulante na rocha da Formação Corumbataí, que é constituída por sedimentos compactos argilosos e siltosos, bastante porosos, mas impermeáveis. Isso gera o fato que a circulação da água nesse meio se faz através do sistema de fraturamento, que lhe é abundante.

Em ocasiões de grande precipitação pluvial o aquífero freático se satura e parte da água, que se infiltra e escoar pelo nível de base, tem a chance de também se infiltrar pelo sistema de fraturamento do aquífero inferior (Aquífero Corumbataí), contribuindo com grande parcela do aporte de água subterrânea para o citado aquífero. Nas ocasiões mais secas, o aquífero freático superior desaparece e essa interferência ou inter-relação não ocorre. (citação verbal)¹

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Resíduos da Construção Civil e Inertes e sua Gestão

De acordo com Zordan (2003), os resíduos da construção civil, também chamados de entulhos, possuem propriedades bastante peculiares. Sua caracterização qualitativa e quantitativa depende do estágio de desenvolvimento da indústria de construção local, como por exemplo, a qualidade da mão de obra, as técnicas construtivas empregadas e a adoção de programas de qualidade.

O entulho é um resíduo de caráter heterogêneo, constituindo-se de restos de praticamente todos os materiais de construção (argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, etc.), estando a sua composição química vinculada à composição de cada um de seus constituintes.

A título de comparação com a atual área estudada, seguem na Tabela 1, dois exemplos da análise quantitativa da sua fração mineral, para locais distintos:

¹ OLIVEIRA (2010)

Tabela 1 Composição média da fração mineral do entulho nas cidades de Ribeirão Preto e São Carlos.

MATERIAL	Composição média da fração mineral do entulho (%)	
	PINTO (1987) ¹	ZORDAN e PAULON (1997) ²
Argamassa	64,4	37,6
Concreto	4,8	21,2
Material Cerâmico	29,4	23,4
Pedras	1,4	17,8
¹ Local: cidade de São Carlos, SP, Brasil.		
² Local: cidade de Ribeirão Preto, SP, Brasil.		

Fonte: (ZORDAN,2003)

Embora o entulho apresente em sua composição vários materiais que, isoladamente, são reconhecidos pela NBR 10.004/2004: Resíduos Sólidos – Classificação, como resíduos inertes (rochas, tijolos, vidros, alguns plásticos, etc.), não estão disponíveis até o momento, análises sobre a solubilidade do resíduo como um todo, de forma a garantir que não haja concentrações superiores às especificadas na referida norma, que o enquadraria como "Classe II–B" (inerte). Vale ainda lembrar, que a heterogeneidade do entulho e a dependência direta de suas características com a obra que lhe deu origem podem mudá-lo de faixa de classificação, ou seja, uma obra pode fornecer um entulho inerte e outra pode apresentar elementos que o tornem não-inerte ou até mesmo perigoso, como por exemplo, a presença de amianto que, no ar é altamente cancerígeno.

Segundo a NBR 10.004/04, “os resíduos sólidos se encontram nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.”

De acordo com a classificação, os resíduos inertes, entendidos implicitamente como não perigosos, da classe II-B, são definidos como: quaisquer resíduos que, quando amostrados de acordo com a ABNT NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente,

conforme ABNT NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme o anexo G da referida norma, que dispõe sobre os “Padrões para o ensaio de solubilização”. Alguns resíduos classificados como não perigosos constam do anexo H desta norma.

Segundo a Resolução Conama 307/02, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil:

- Resíduos da Construção Civil: *“(...) são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras.”*
- Aterro de resíduos da construção civil: *“(...) a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe “A” no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, aplicando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;”*

Os resíduos da construção civil são classificados em:

- “Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
- Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua

reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

- *Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.” (CONAMA 307/02).*

O objetivo prioritário dos geradores deve ser a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final dos resíduos.

Estes resíduos deverão ser destinados das seguintes formas:

- *“Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;*
- *Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;*
- *Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.*
- *Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.” (CONAMA 307/02).*

No prazo máximo de dezoito meses, a partir da publicação da norma supracitada, os Municípios e o Distrito Federal deverão cessar a disposição de resíduos de construção civil em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2002)

4.2 Águas Subterrâneas

Segundo MMA (2001), as águas subterrâneas correspondem à parcela mais lenta do ciclo hidrológico e constitui a principal reserva hídrica do Brasil.

A água subterrânea representa a parcela da chuva que se infiltra no subsolo, preenchendo espaços formados entre os grânulos minerais e nas fissuras das rochas, que se denominam aquíferos. Estes, ao reterem as águas pluviais, desempenham papel fundamental no controle das cheias, na proteção natural contra agentes poluidores ou perdas por evaporação. A água infiltrada migra continuamente em direção às nascentes, leitos de rios, lagos e oceanos.

A contaminação, quando ocorre, é muito mais lenta e os custos para recuperação podem ser proibitivos. (MMA, 2001a)

Os aquíferos são classificados quanto à sua porosidade, da seguinte maneira:

- Aquífero Fraturado ou Fissural: formado por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectônico. Alguns exemplos são o basalto, granitos, gabros e filões de quartzo;
- Aquífero Poroso ou Sedimentar: formado por rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados ou solos arenosos, onde a circulação da água se faz nos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila de granulagem variada;
- Aquífero Cárstico: formado em rochas calcárias ou carbonáticas, onde a circulação da água se faz nas fraturas e outras descontinuidades ou diáclases, que resultaram da dissolução do carbonato pela água (SILVA, 2007).
- A Figura 5 ilustra os tipos de aquíferos supracitados.

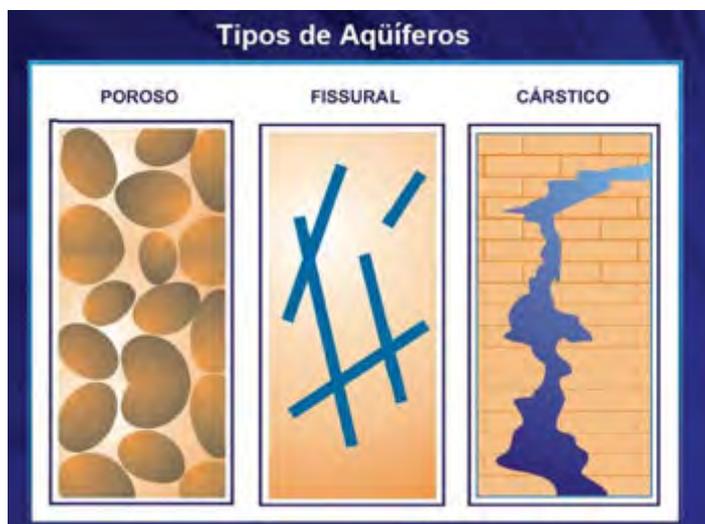


Figura 5: Tipos de Aquíferos

Fonte: (SILVA, 2007)

A qualidade das águas subterrâneas, de uma maneira geral é boa, porém, mesmo na sua forma natural, podem existir algumas restrições, como problemas localizados de elevada dureza e/ou sólidos totais dissolvidos nas regiões de ocorrência de rochas calcárias; elevados teores de sólidos totais dissolvidos nas porções mais profundas dos aquíferos ou nos poços que exploram os aquíferos fraturados do

semiárido nordestino, e por fim, a ocorrência natural nas rochas de minerais cuja dissolução, localmente, gera águas com concentrações acima do padrão de potabilidade.

Nas últimas décadas, as atividades antrópicas têm comprometido alguns aquíferos. Entre elas pode-se citar a perfuração de poços em não conformidade com as normas técnicas; ocorrências localizadas de contaminação em razão da carência de sistemas de saneamento; vazamentos de tanques de armazenamento de combustíveis; uso de insumos agrícolas com grande potencial de contaminação difusa, entre outros problemas (MMA, 2001b).

4.2.1 *Gestão e demanda de recursos hídricos na região*

A Lei do Estado de São Paulo nº 9.034 de 1994, dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH. Segundo este, o estado é dividido em 22 (vinte e duas) Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI. De acordo com a referida lei, Rio Claro pertence à UGRHI -5, dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), que se caracteriza como uma Zona Industrial.

Baseada no Cadastro de Usuários das Bacias PCJ, fornecido pelo DAEE, a empresa Tecnologia e Desenvolvimento (2007), no Relatório Técnico da situação dos recursos hídricos do PCJ afirma que Rio Claro é um município com predomínio de captações de águas subterrâneas, sendo a proporção de captações de água subterrânea em relação ao total, de 53,92%.

Existem hoje na cidade, 105,57 captações outorgadas por 1.000 km², sendo que este valor é considerado subestimado, já que não são consideradas as captações irregulares, sem pedidos de outorgas. (DAEE, 2008 e IRRIGART, 2004/2006 apud TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO).

A Tabela 2 demonstra alguns valores de captações nos municípios.

Tabela 2 Captações superficiais e subterrâneas nas Bacias PCJ.

Município	P.02-C - Proporção de captações de água superficial em relação ao total (%)	P.02-D - Proporção de captações de água subterrânea em relação ao total (%)	Município	P.02-C - Proporção de captações de água superficial em relação ao total (%)	P.02-D - Proporção de captações de água subterrânea em relação ao total (%)
Americana	15,47	84,53	Rio das Pedras	52,63	47,37
Vinhedo	18,67	83,33	Bom Jesus dos Perdões	53,33	46,67
Santa Gertrudes	19,05	80,95	Pedreira	53,33	46,67
Águas de São Pedro	20,00	80,00	Piracicaba	54,17	45,83
Capivan	20,45	79,55	Pinhalzinho	55,58	44,44
Sumaré	21,36	78,64	Monte Mor	56,76	43,24
Indaiatuba	21,51	78,49	Rafard	57,14	42,86
Jundiá	21,69	78,31	Holambra	58,33	41,67
Paulínia	21,93	78,07	Saltinho	58,33	41,67
Hortolândia	23,40	76,60	Bragança Paulista	62,93	37,07
Extrema	24,14	75,86	São Pedro	63,16	36,84
Santa Bárbara D'Oeste	25,86	74,14	Toledo	63,64	36,36
Várzea Paulista	26,09	73,91	Itapeva	66,67	33,33
Campinas	26,23	73,77	Piracaiá	66,67	33,33
Itupeva	26,67	73,33	Morungaba	70,00	30,00
Salto	26,83	73,17	Jarinu	70,27	29,73
Valinhos	28,45	71,55	Analândia	70,59	29,41
Cordeirópolis	28,57	71,43	Nazaré Paulista	72,00	28,00
Nova Odessa	30,00	70,00	Cosmópolis	72,73	27,27
Mombuca	31,25	68,75	Vargem	73,68	26,32
Campo Limpo Paulista	36,36	63,64	Amparo	75,68	24,32
Elias Fausto	38,46	61,54	Santo Antônio da Posse	75,86	24,14
Jaguariúna	39,39	60,61	Artur Nogueira	78,95	21,05
Camanducaia	40,00	60,00	Iruçu	78,95	21,05
Itatiba	40,86	59,14	Pedra Bela	80,00	20,00
Atibaia	42,11	57,89	Monte Alegre do Sul	81,82	18,18
Santa Maria da Serra	44,44	55,56	Iracemópolis	83,33	16,67
Louveira	45,16	54,84	Joanópolis	84,38	15,63
Rio Claro	46,08	53,92	Corumbataí	92,86	7,14
Ipeuna	50,00	50,00	Charqueada	100,00	0,00
Limeira	50,00	50,00			

 Municípios com predomínio de captações subterrâneas
  Municípios com predomínio de captações superficiais

Fonte: DAEE (2008) e IRRIGART (2004/2006).

As captações (superficiais e subterrâneas) são para usos domésticos (65,76%), industriais (4,58%), irrigação (11,39%), entre outros.

A demanda per capita para o abastecimento público da cidade, considerando-se as captações superficiais e subterrâneas, é de 108,24 m³/dia*hab.

A água subterrânea dos aquíferos que ocorrem nas Bacias PCJ em geral apresenta boa qualidade, o que normalmente permite sua utilização, sem restrições, para o abastecimento público, usos industriais, dessedentação animal e irrigação.(TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO, 2006)

4.3 Contaminantes e fontes de contaminação

4.3.1 Os esmaltes e pigmentos das cerâmicas e o seu potencial de risco

Sabe-se que os esmaltes cerâmicos fabricados antigamente eram constituídos

de pós-cerâmicos que continham altos teores de metais pesados como o Chumbo, Cádmio, Cromo, Níquel, o Ferro, entre outros.

A utilização desses elementos tinha como objetivo conseguir a cor desejada para o filme de vitrificação que recobria a peça cerâmica após a sua queima.

A esses pós-cerâmicos eram acrescentados alguns minerais fundentes que facilitavam a queima, diminuindo o ponto de fusão do pó, economizando energia e criando o vitrificado que era denominado de “glazing”.

Entretanto, esse tipo de produção industrial, a fabricação dos vitrificados, geram um risco ambiental devido a certos fatores. O primeiro é que esses pigmentos geram uma estrutura vítrea, um vidro, que do ponto de vista de estabilidade químico-estrutural, é considerada instável, pois sua cristalização, com o resfriamento rápido, fica submetida a tensões que, com o tempo, ocasionam a “devitrificação”, ocasionando o rompimento microscópico da estrutura. A segunda questão é que com o colapso da estrutura, ocorre lentamente a liberação desses pigmentos, que fazem parte da estrutura vítrea, lançando-os no meio ambiente, no solo e conseqüentemente na água superficial ou subterrânea, dependendo de onde estiver o vitrificado.

Atualmente os esmaltes das cerâmicas vitrificadas são fabricados com pigmentos menos perigosos, mas muito das cerâmicas antigas estão dispostas no meio ambiente, num processo contínuo de devitrificação e liberação de contaminantes para o meio ambiente. (Citação Verbal)²

4.3.2 *As Fibras de Vidro e o seu potencial de risco*

O ácido bórico é usado na indústria de fibra de vidro, preservativos para madeira, metalúrgicas, cerâmicas e outras aplicações. A fibra de boro possui grande tensão e por isso pode ser adicionada aos plásticos, resultando em um material mais forte do que o aço e mais leve do que o alumínio.

O boro é usado primariamente na fibra de vidro e no vidro borossilicados, que contém em sua composição, pelo menos 5% de óxido de boro. Este atribui resistência ao calor e aos produtos químicos. O óxido de Boro substitui o óxido de sódio na estrutura vítrea, resultando em baixa expansão térmica.(MINERA SANTA MARIA, 2010)

O composto de boro mais importante comercialmente é $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, que é usado em grandes quantidades na fabricação de fibra de vidro e de lixíviação de per borato

² (OLIVEIRA, 2010)

de sódio. (BORO DO SUL, 1010).

Já na indústria cerâmica, o Boro em sua forma de óxido de boro é um produto essencial para a produção de fritas cerâmicas, vidros com borosilicatos, esmaltes cerâmicos, ladrilhos, louças de barro e louças Chinesas. Estes compostos reduzem significativamente o ponto de fusão, melhora frequentemente os níveis de transparência, controlam o coeficiente de expansão, evitando que o corpo quebre. (MINERA SANTA MARIA, 2010).

4.3.3 *Chumbo e Cádmio:*

Segundo Silva (2001), a área conhecida como "Região dos Lagos", em Santa Gertrudes (SP), esteve sujeita à disposição, de maneira inadequada, de resíduos industriais cerâmicos, gerando contaminação no solo e nas águas superficiais e subterrâneas. Este resíduo é composto principalmente de Chumbo, que tende a se fixar no solo e nos sedimentos. Foram detectados teores de chumbo no solo superiores a 500 mg/kg, chegando, em alguns casos, a valores acima de 10.000 mg/kg.

De acordo com Oliveira (2006b), nessas antigas cavas (de extração de argila em Santa Gertrudes(SP)), foram depositados resíduos da linha de esmaltação e lançados efluentes líquidos do processo produtivo das cerâmicas, contendo elevadas concentrações de metais, principalmente de Boro (B), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn), contaminando o solo e as águas subterrâneas.

É comum encontrar em países pouco desenvolvidos produtos cerâmicos elaborados com óxido de chumbo na vitrificação. O organismo incorpora o chumbo que, especialmente em crianças, é altamente tóxico. Este se deposita nos ossos em grandes quantidades, como se fosse cálcio, o que produz um envenenamento generalizado, resultando, em crianças, em uma diminuição da capacidade mental e insônia e nos adultos provoca anemia.

Os elementos-traço (metais pesados encontrados naturalmente na natureza, em baixas concentrações), podem ser encontrados no solo nas formas solúveis, trocáveis, adsorvidos, ligados a materiais orgânicos insolúveis e precipitados (ANDRADE, 2010 apud. ALLOWAY, 1995).

As formas solúveis e trocáveis são consideradas prontamente móveis e disponíveis para as plantas (ANDRADE, 2010 apud SASTRE et al., 2001) enquanto as adsorvidas nas entrecamadas de argilas, precipitadas na forma carbonatos, ligados a óxidos ou complexados pela matéria orgânica podem ser consideradas menos

disponíveis (ANDRADE 2010 apud SPOSITO et al., 1982).

Segundo Andrade (2010), a fração argila possui forte afinidade com metais pesados, havendo um aumento da adsorção destes com o aumento do teor de argila.

Muitos fatores podem afetar a retenção desses elementos no solo, tais como o teor de argila, a presença de óxidos, o teor de carbono e o pH do solo. Os óxidos de Fe, Al e Mn, abundantes em solo de climas tropicais, participam da imobilização desses metais, formando precipitados ou reduzindo sua mobilidade no ambiente.

Os compostos orgânicos, quando participam da fração do solo em proporção relevante, concorrem com os minerais do solo pelos metais. Dessa forma, elevando-se o pH, normalmente espera-se que a adsorção desses elementos também seja elevada.

4.3.4 *Boro*

De acordo com Jorge (2009), no solo, o Boro é geralmente encontrado como ácido bórico e como ânion borato, sendo que o H_3BO_3 é a forma predominante nos valores mais comuns de pH dos solos, enquanto o $B(OH)_4$ predomina somente em pH acima de 9,2.

Naturalmente, as maiores concentrações de B nos solos são derivadas de vapores e de sedimentos marinhos, sendo este a principal fonte e estoque de B natural no ambiente

A alta concentração de B nos solos ocorre por influência antrópica, visto que o descarte de resíduos industriais que empregam o B na manufatura tem aumentado. O B é constituinte básico de vidros, esmaltes cerâmicos, ligas metálicas e detergentes, que na decomposição podem reagir com o solo.

Esse elemento possui forte afinidade, principalmente às frações argila e à matéria orgânica do solo, e está presente na composição de vários minerais associados a silicatos e a hidróxidos, em que os processos de adsorção e dessorção possuem papel determinante na sua solubilidade no solo e, conseqüentemente, na disponibilidade às plantas.

Óxidos e hidróxidos de Fe e Al, importantes componentes de solos altamente intemperizados de países tropicais, adsorvem grandes quantidades de boro. Esse elemento é citado, entre os micronutrientes, como o mais móvel e mais facilmente lixiviável, embora seja o mais sorvido pelo solo, em comparação a outros ânions, como Cl⁻ e NO₃⁻. (JORGE, 2009).

5 METODOLOGIA E ETAPAS DO TRABALHO

A metodologia adotada para o estudo é o resultado da complementação de revisão bibliográfica sobre os temas pertinentes com levantamentos de dados *in situ* e suas respectivas compilações, para que assim fossem feitas as discussões necessárias para a conclusão do trabalho.

5.1 Revisão Bibliográfica

Além da pesquisa bibliográfica sobre os temas pertinentes, já expostos anteriormente, foram consultados diversos mapas, como a Carta Altimétrica Municipal de Rio Claro 1:10.000, o Mapa 1:2.000 do Departamento Autônomo de Água e Esgoto – DAAE de Rio Claro, o mapa das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (da Companhia Estadual de Meio Ambiente – CETESB) e o mapa do DNPM das Províncias Hidrogeológicas do Brasil do DNPM.

5.2 Atividades de Campo

Primeiramente, por meio de uma avaliação estatística dos resíduos, as visitas técnicas feitas na área permitiram que os resíduos depositados fossem observados e avaliados dos pontos de vista qualitativo e quantitativo. Outra observação feita foi em relação aos procedimentos efetivamente realizados pelos responsáveis e co-responsáveis pela destinação dos resíduos, respectivamente, empreendedor e empresas geradoras, com relação à qualidade e disposição dos resíduos.

Posteriormente e de acordo com as exigências do órgão ambiental responsável, CETESB, foram instalados três poços de monitoramento da água subterrânea e coletadas as amostras, que foram enviadas para análise laboratorial. Através de instrumentação adequada, foram determinadas as cotas altimétricas (da boca de cada poço), suas coordenadas geográficas, e o nível de água (N.A). Esses dados servem para se analisar o comportamento dos contaminantes, caso sejam detectados.

Abaixo seguem essas etapas descritas detalhadamente.

5.2.1 Avaliação Estatística do Resíduo:

A fim de se avaliar os resíduos despejados na área, procedeu-se ao método de Avaliação Estatística, proposto por Oliveira (2006), que permite identificar o tipo e a frequência de cada tipo de material do aterro. Seguem abaixo os procedimentos da Avaliação Estatística:

- a) Esticou-se uma trena de 50 metros sobre todos os tipos de superfície do aterro;
- b) Nessas superfícies escolhidas, identificou-se cada fragmento do aterro que estava exatamente sob cada 0,5 metro da trena, iniciando no ponto 0 (zero) e em seqüência, de meio em meio metro, até o final da trena;
- c) Anotou-se os dados em uma planilha;
- d) O procedimento foi feito cinco vezes, somando um total de 500 (quinhentos) dados, preferentemente em lugares bastantes diferentes uns dos outros, quanto ao local, tipo de material, inclinação do terreno e freqüência de material;
- f) Os dados coletados foram processados estatisticamente, pelo Programa Excel.

O fato de ser obrigatória a identificação e contagem apenas do material que estiver sob a determinada medida da trena, evita a ação humana na escolha dos materiais.

As fotos dos resíduos podem ser verificadas no Anexo IV, fotos 18 a 24.

5.2.2 Acompanhamento da instalação dos Poços de Monitoramento

Foram instalados pela empresa terceirizada Barthmann Poços Artesianos Ltda., três Poços de Monitoramento das águas subterrâneas. A instalação dos poços foi feita segundo a norma NBR 15495/01 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados - Parte 1: Projeto e construção

Foi construído um poço à montante do aterro (PM-01) e dois outros à jusante (PJ-02 e PJ-03).

As fotos deste acompanhamento podem ser verificadas no anexo I, fotos 1 a 7.

5.2.3 Determinação da Altimetria e Coordenadas dos poços de Monitoramento

A partir das informações altimétricas obtidas do mapa do Departamento Autônomo de Água e Esgoto – DAAE de Rio Claro, e utilizando-se do instrumento topográfico *Nivel Automático*, da marca Zeiss – modelo N-1, foram determinadas em campo as cotas das bocas dos três poços de monitoramento, pela transferência de algumas cotas conhecidas ao redor da área, para os poços.

As coordenadas dos poços de monitoramento foram determinadas por um equipamento de GPSMAP – 76CSx, marca Garmin.

5.2.4 *Determinação do Nível de Água dos Poços de Monitoramento*

Os níveis de água nos três poços de monitoramento foram medidos com o Indicador Eletrônico de Nível de Água, da marca Drill-Center.

5.2.5 *Acompanhamento das Amostragens das águas subterrâneas*

A amostragem foi feita segundo a Norma CETESB/1998 - Amostragem e Monitoramento das Águas Subterrâneas -, pela empresa ASL Análises Ambientais e acompanhada pela autora do presente trabalho e por seu orientador para a verificação das técnicas de coleta e assinatura da cadeia de custódia.

As fotos das amostragens podem ser visualizadas no anexo I, fotos 8 a 17.

5.2.6 *Análise da Água Subterrânea*

O laboratório da ALS Análises Ambientais, que é creditado pela NBR ISO-IEC 17025:2005 – Creditação de Laboratórios – procedeu às análises da água subterrânea.

5.3 **Trabalho de Escritório**

5.3.1 *4.3.1. Geometria do Aterro*

Baseando-se na comparação do perímetro do mapeamento antigo, de Oliveira (2006) e dos seus perfis antigos e atuais, pôde-se avaliar a variação morfológica do perfil do aterro desde o seu início até no presente momento.

5.3.2 *Determinação do nível potenciométrico e linhas de fluxo*

Baseando nos níveis das cotas das bocas dos poços encontrados e nos níveis de água em cada poço, pôde-se calcular então as cotas dos níveis de água (em relação ao nível do mar), e com elas traças então os níveis potenciométricos e finalmente as linhas de fluxo das águas subterrâneas.

5.3.3 *Análise dos dados e Elaboração de Relatório final*

As análises foram feitas pelo laboratório da empresa ASLA Análises Ambientais, que está devidamente credenciado para executar este tipo de atividades, dentro das leis e normas cabíveis.

Todas as etapas de trabalho estão esquematizadas na Figura 6.

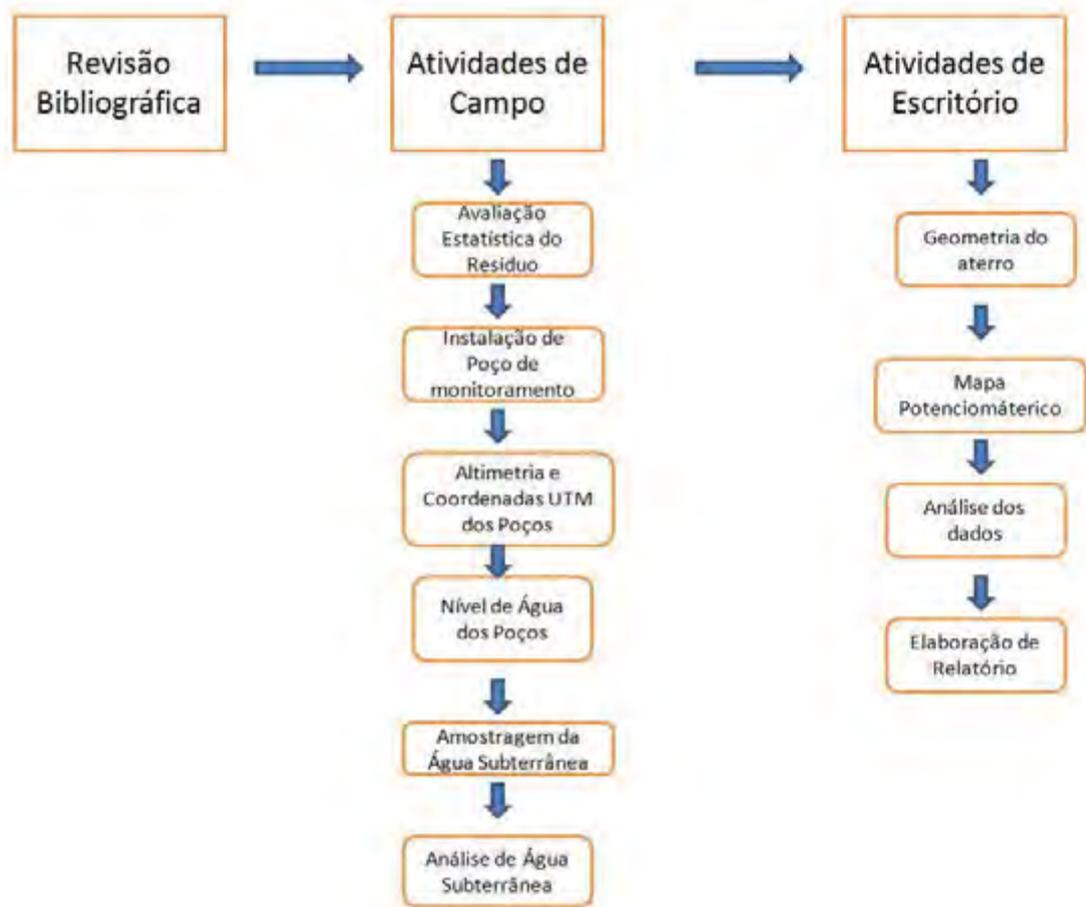


Figura 6: Fluxograma dos métodos e etapas de trabalho.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Avaliação Estatística dos Resíduos

De acordo com os dados da tabela 6 e Figura 9, fazem-se as seguintes considerações:

Com relação às cerâmicas, constatou-se que 25% delas são vitrificadas;

Na classificação “concreto” incluem-se a argamassa, que não foi diferenciada no momento da observação, e blocos compostos de concreto ou argamassa e cerâmicas, que compõem cerca de 30% do total de concreto computado.

Os materiais classificados juntamente em “Outros” são: Tecido (1,6%), Lama (0,6%), PVC (0,4%), Isopor (2,0%), Metal (2,0%), Espuma (1,8%), Couro (0,2%) e Gesso (0,4%).

Os resultados obtidos estão demonstrados na Tabela 3 e Figura 7:

Tabela 3: Tipo e Frequência dos Resíduos observados *in situ*

Material	Amostras	Porcentagem
Concreto	117	23,40%
Cerâmica	108	21,60%
Papel/Papelão	34	6,80%
Madeira	69	13,80%
Poda	32	6,40%
Plástico	48	9,60%
Pneu	12	2,40%
Piche	14	2,80%
Vidro	5	1,00%
Marmore	16	3,20%
Outros	45	9,00%
Total	500	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor.

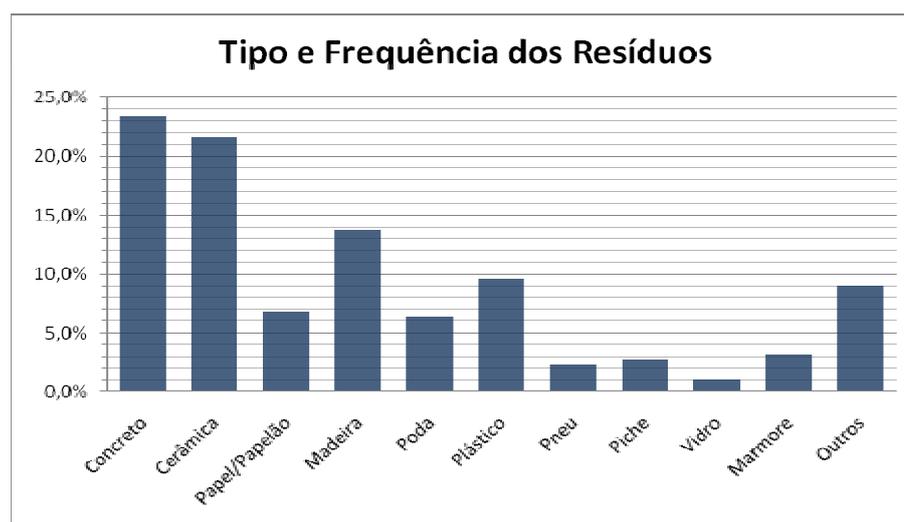


Figura 7: Ilustração dos tipos e frequências dos Resíduos encontrados no aterro (2010).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Oliveira (2006), autor do método de Avaliação Estatística de Resíduos utilizou-se deste método para caracterizar os resíduos depositados nesta mesma área. Seus resultados estão expostos na Tabela 4 e Figura 8.

Tabela 4 Estatística dos resíduos feita em 2007

Materiais	Porcentagem (%)
Cerâmica	49,2
Concreto	19,82
Argamassa	18,4
Madeira	8,4
Plástico	2,5
Vidro	1,68

Fonte: (Oliveira,2006).

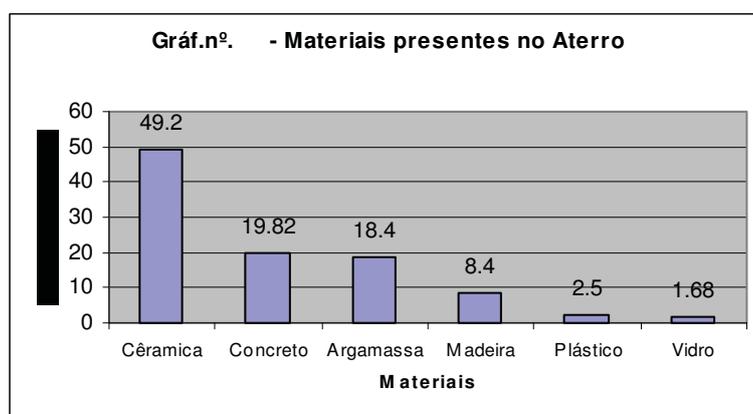


Figura 8: Tipos e frequência dos Resíduos (2007).

Fonte: (Oliveira,2006).

De acordo com as duas avaliações efetuadas, em 2006 e 2010, infere-se que o terreno continua com predominância de cerâmicas, concreto e/ou argamassa, porém em diferentes proporções.

Em 2006 estes materiais representavam juntos, 87,42% dos resíduos, enquanto que em 2010, passou para 45,00% do total;

Com relação à madeira, houve um aumento de 8,4% para 13,8% (uma vez e meia);

Os plásticos aumentaram em quase quatro vezes, subindo de 2,5% para 9,6% dos resíduos;

A frequência dos vidros, diminuiu de 1,68% e agora de 1,0%;

Houve neste período um aumento significativo da variedade desses resíduos, o que justifica a diminuição, em quase 50%, da frequência dos principais componentes do aterro, que são o concreto, argamassa e cerâmica.

Materiais como Poda, Papel e Papelão, Pneu e Piche, na última avaliação, foram observados em frequências significativas, e em menores proporções estão

Tecidos (1,6%), Lamas (0,6%), PVC (0,4%), Isopor (2,0%), Metal (2,0%), Espuma (1,8%), Couro (0,2%) e Gesso (0,4%).

A figura 9 lustra gráfico comparativo.

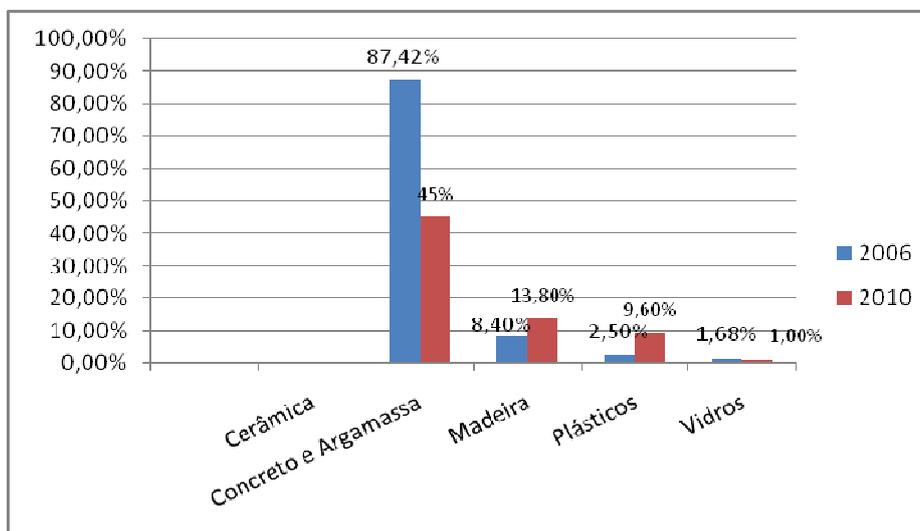


Figura 9: Comparação entre os resíduos avaliados em 2006 e 2010.

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2 Altimetria, Coordenadas e Nível de Água dos poços:

As cotas das bocas dos poços, a profundidade da água em cada poço e a cota do nível de água (carga de água) estão expressas na Tabela 5, bem como as coordenadas UTM de cada poço.

Tabela 5: Altimetria, Coordenadas e N.A dos Poços.

	PM-01	PJ-02	PJ-03
Cota do Poço (m)	616,55	598,28	591,62
Profundidade da Água (m)	11,65	5,57	10,1
Cota do Nível de Água (m)	616,55	598,28	579,72
Coordenadas UTM	23K233800 E 7521152 N	23K 233717 E 7521137 N	23K 233624 E 7521152 N

Fonte: Elaborado pelo Autor.

6.3 Qualidade da água subterrânea

As características físicas da água subterrânea, bem como seus resultados analíticos estão ilustrados nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

6.3.1 Parâmetros físicos da água

No PJ-03 foram detectados altos valores de condutividade (1.441 uS/cm). Tal informação confirmam a alta concentração de metais na água, já que chega a até trinta vezes os valores dos outros poços.

O caráter ácido (em torno de 5.0) dos três poços indica que a tendência dos metais, nessas condições, é dissolver na água, contribuindo com o seu transporte. Isso ocorre devido à presença de cátions H^+ , que quebram os óxidos presentes no meio, solubilizando o contaminante. Valores de p.H acima de 7.0, de caráter básico, tendem a precipitar, tornando os contaminantes imóveis.

Seguem na Tabela 6 as características físicas da água.

Tabela 6: Características Físicas da Água Subterrânea.

	PM-01	PJ-02	PJ-03
Temperatura(°C)	24	24	24
Condutividade(uS/cm)	43	60	1441
PH	5,1	5,05	5,57

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3.2 Resultados Analíticos

Na Tabela 7 estão as concentrações encontradas em PM-01, PJ-02 e PJ-03, destacando-se em azul as concentrações que se encontram acima dos valores de Intervenção da CETESB e na ultima coluna, toda em azul, estão os valores de intervenção da CETESB.

Tabela 7: Resultados Analíticos das amostragens e Valores Orientadores para Águas Subterrâneas, CETESB(2005).

Inorgânicos	Branco de Campo	Branco de Equipamento	PM - 01	PJ-02	PJ-03	CETESB (µg.L-1)
						Intervenção
Alumínio	-	-	34	275,6	9907*	200,0
Antimônio	-	-	-	-	-	5,0
Arsênio	-	-	-	-	-	10,0
Bário	-	-	23	126	533	700,0
Boro	-	-	-	-	5097	500,0
Cádmio	-	-	-	-	-	5,0
Chumbo	-	-	-	15	113	10,0
Cobalto	-	-	-	-	16	5,0
Cobre	-	-	-	-	20	2000,0

Cromo	-	-	-	-	-	50,0
Ferro	-	-	-	2110	12040	300,0
Manganês	-	-	91	246	4242	400,0
Mercurio	-	-	-	-	-	1,0
Molibdênio	-	-	-	-	-	70,0
Níquel	-	-	-	-	-	20,0
Nitrato (N)	-	-	970	280	950	10000,0
Prata	-	-	-	-	-	50,0
Selênio	-	-	-	-	-	10,0
Vanádio	-	-	-	-	-	-
Zinco	-	-	-	28	29	5000,0
Hidrocarbonetos aromáticos voláteis						
Benzeno	-	-	-	-	-	5,0
Estireno	-	-	-	-	-	20,0
Etilbenzeno	-	-	-	-	-	300,0
Tolueno	-	-	-	-	-	700,0
Xilenos	-	-	-	-	-	500,0
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos						
Antraceno	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)antraceno	-	-	-	-	-	1,75
Benzo(k)fluoranteno	-	-	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)perileno	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	-	-	-	-	-	0,7
Criseno	-	-	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)antraceno	-	-	-	-	-	0,18
Fenantreno	-	-	-	-	-	140
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	-	-	-	-	-	0,17
Naftaleno	-	-	-	-	-	140
Benzenos clorados						
Clorobenzeno (Mono)	-	-	-	-	-	700
1,2-Diclorobenzeno	-	-	-	-	-	1.000
1,3-Diclorobenzeno	-	-	-	-	-	-
1,4-Diclorobenzeno	-	-	-	-	-	300
1,2,3-Triclorobenzeno	-	-	-	-	-	(a)
1,2,4-Triclorobenzeno	-	-	-	-	-	(a)
1,3,5-Triclorobenzeno	-	-	-	-	-	(a)
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	-	-	-	-	-	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	-	-	-	-	-	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	-	-	-	-	-	-
Hexaclorobenzeno	-	-	-	-	-	1
-						
1,1-Dicloroetano	-	-	-	-	-	280
1,2-Dicloroetano	-	-	-	-	-	10
1,1,1-Tricloroetano	-	-	-	-	-	280

Cloreto de vinila	-	-	-	-	-	5
1,1-Dicloroeteno	-	-	-	-	-	30
1,2-Dicloroeteno - cis	-	-	-	-	-	(b)
1,2-Dicloroeteno - trans	-	-	-	-	-	(b)
Tricloroeteno - TCE	-	-	-	-	-	70
Tetracloroeteno - PCE	-	-	-	-	-	40
Metanos clorados						
Cloreto de Metileno	-	-	-	-	-	20
Clorofórmio	-	-	-	-	-	200
Tetracloroeto de carbono	-	-	-	-	-	2
Fenóis clorados						
2-Clorofenol (o)	-	-	-	-	-	10,5
2,4-Diclorofenol	-	-	-	-	-	10,5
3,4-Diclorofenol	-	-	-	-	-	10,5
2,4,5-Triclorofenol	-	-	-	-	-	10,5
2,4,6-Triclorofenol	-	-	-	-	-	200
2,3,4,5-Tetraclorofenol	-	-	-	-	-	10,5
2,3,4,6-Tetraclorofenol	-	-	-	-	-	10,5
Pentaclorofenol (PCP)	-	-	-	-	-	9
Fenóis não clorados						
Cresóis	-	-	-	-	-	175
Fenol	-	-	-	-	-	140
Ésteres ftálicos						
Dietilexil ftalato (DEHP)	-	-	-	-	-	8
Dimetil ftalato	-	-	-	-	-	14
Di-n-butil ftalato	-	-	-	-	-	-
Pesticidas organoclorados						
Aldrin (2)	-	-	-	-	-	(d)
Dieldrin (2)	-	-	-	-	-	(d)
Endrin	-	-	-	-	-	0,6
DDT (2)	-	-	-	-	-	(c)
DDD (2)	-	-	-	-	-	(c)
DDE (2)	-	-	-	-	-	(c)
HCH beta	-	-	-	-	-	0,07
HCH – gama (Lindano)	-	-	-	-	-	2
PCBs						
total	-	-	-	-	-	3,5

***Repetido e Confirmado**

Fonte: Elaborado pelo autor.

No PM-01, à montante da área, todos os valores analisados estão de acordo com os Valores Orientadores de Águas Subterrâneas da CETESB, ou seja, as contaminações encontradas à jusante do aterro, nos poços PJ-02 e PJ-03 efetivamente

provém do aterro.

No PJ-02 foi encontrada concentração de Chumbo de 15,0 $\mu\text{g/L}$, muito próximo ao limitante (10,0 $\mu\text{g/L}$).

No PJ-03, os parâmetros Alumínio, Boro, Chumbo, Cobalto, Ferro Total e Manganês encontram-se acima dos valores permitidos.

Usualmente o Ferro, o Manganês e o Alumínio, mesmo que detectados acima dos valores de Intervenção, não são levados em consideração para se diagnosticar a qualidade das águas subterrâneas, já que estão presentes natural e abundantemente nos solos da região. Portanto, alerta-se para os elementos Boro, Cobalto e Chumbo.

O Boro foi encontrado, no PJ-03, em uma concentração de 5.097,0 $\mu\text{g/L}$, enquanto que seu valor máximo permitido é 500,0 $\mu\text{g/L}$ (dez vezes o máximo permitido).

A concentração de Cobalto é de 16,0 $\mu\text{g/L}$, três vezes acima do valor máximo permitido.

O Chumbo foi encontrado em concentração de 113,0 $\mu\text{g/L}$ (dez vezes acima do permitido).

As figuras 10 e 11 ilustram, de maneira comparativa, as concentrações dos poços contaminados e os respectivos valores de Intervenção da CETESB:

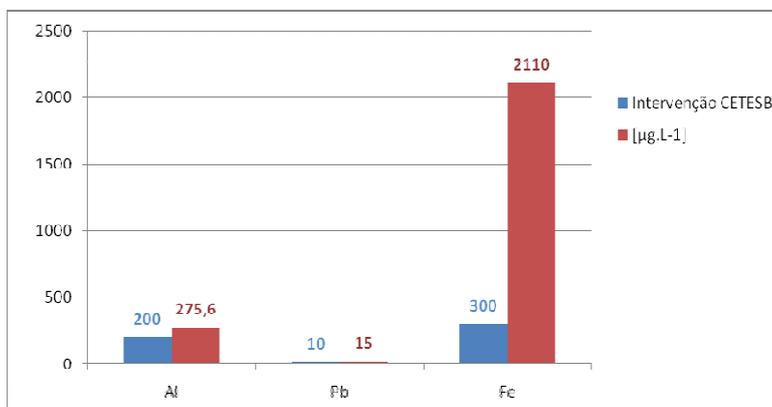


Figura 10: Concentrações do PJ-02.

Fonte: Elaborada pelo autor.

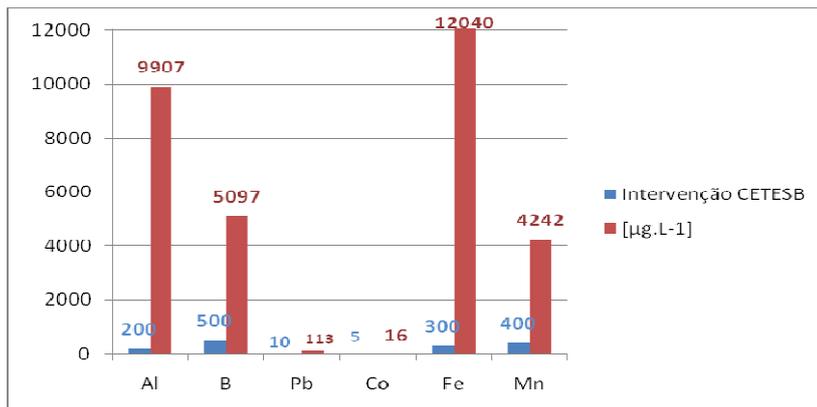


Figura 11: Concentrações do PJ-03.

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.4 Geometria do aterro

A área do aterro, que ocupa uma antiga cava de mineração de argila, tem forma arredondada e côncava, sendo que a sua parte mais alta está voltada para o lado nordeste e o lado mais baixo voltado para sudoeste.

O desnível topográfico total é de 37 metros e a superfície atual do aterro tem duas bermas de estabilidade geotécnica, o que lhe confere um gradiente geral da ordem de 16% de inclinação.

As cotas do aterro atual ultrapassam aproximadamente 5 metros o projeto original, e houve avanço da parte frontal, com o conseqüente aumento do talude, chegando a uma declividade de aproximadamente 45%.

6.5 Mapa Potenciométrico

O sentido do fluxo da água subterrânea é sudoeste, conforme ilustrado no anexo I, no final deste trabalho.

Os valores mais altos de concentrações dos contaminantes estão no PJ-03, justamente onde o mapa potenciométrico indica ser a convergência do fluxo de água subterrânea.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos dados levantados e em suas análises, conclui-se primeiramente que a área não é um aterro de inertes como se propõem, já que foram encontrados materiais não inertes em consideráveis proporções e também porque a estrutura do aterro não está enquadrada às exigências técnicas que o caracterizariam como tal.

Em segundo lugar, a água subterrânea do aterro está contaminada com os metais pesados Chumbo, Cádmio e Boro, detectados em concentrações de até dez vezes acima dos limites permitidos pelo órgão fiscalizador.

Devido ao histórico da região mencionado no presente trabalho, de contaminações desses mesmos elementos pela disposição inadequada de Resíduos da Construção Civil, bem como ao fato de que à montante do aterro não há contaminação do lençol freático, pode-se comprovar então que a fonte efetiva desta contaminação é o aterro, e que dentre os resíduos responsáveis encontram-se, em grandes proporções, as cerâmicas vitrificadas e as fibras de vidro. Mesmo que na Avaliação Estatística, as fibras de vidro não tenham sido encontradas com uma frequência representativa, sabe-se, em função da grande quantidade de indústrias de fibras de vidro do município, que em tempos remotos se depositava bastante desse material, ficando então como recomendação que se invista em linhas de pesquisa para avaliação do potencial de risco das fibras de vidro no meio ambiente, sua relação com a contaminação do meio por Boro e, por fim que sejam propostas para mitigação das possíveis contaminações por Boro.

Baseando-se neste fato, deve-se atentar a outras áreas de despejo de Resíduos da Construção Civil, que existem também de maneira inadimplente e/ou clandestinas que, assim como no Aterro Wenzel, são pontos suspeitos e potenciais de contaminação dos solos e das águas subterrâneas.

Considerando-se as inferências acima citadas, é recomendado primeiramente que se empregue técnicas de disposição de resíduos da construção civil classe “A”, como o monitoramento das águas subterrâneas, cercamento, iluminação, cortina arbórea, portaria, TTI e balança, de forma a possibilitar o uso futuro e /ou futura utilização da área, utilizando-se de princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. A. et, al. **Extração Sequencial de Chumbo em Latossolos e Argissolos**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 19ª, 2010, Guarapari, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004. Resíduos sólidos: classificação**. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.006. Solubilização de resíduos. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.007. Amostragem de resíduos. Procedimentos. 2004.
BORO DO SUL. Disponível em: <http://www.borodosul.com.br/tx_usos.htm>. Acessado em: 11 nov. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 307. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. 2005. 4 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. 23 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos**. 135 f. Brasília: MMA, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Programa Nacional de Águas Subterrâneas**. 21 f. Brasília: MMA, 2001.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas do estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/areas_contaminadas/anexos/download/0200.pdf>, Acessado em: 01 nov. 2010.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS – 2004.2007 - DOS RIOS

PIRACICABA, CORUMBATAÍ E JUNDIAÍ; COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano de Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. Relatório Final, 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil): Resolução nº307, de dia mês ano. Caput. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acessado em: 02 nov 2010.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO. **Carta 1:2.000 das redes coletoras de esgoto**. Rio Claro.

DNPM. **Mapa Províncias Hidrogeológicas do Brasil**. Disponível em:

<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-MOGI/1408/eia_baladinbioenergia_cap7.pdf>. Acessada em: 02 nov.2010

JORGE, R. A. B. **Torta de filtro e turfa na mitigação de solo contaminado por metais pesados e boro e o uso do nabo forrageiro como fitoextratora**. 2009, 85 f. Tese Pós Graduação em agricultura tropical e subtropical. – Instituto Agronômico. Campinas, 2009.

MINERA SANTA RITA. **Ácido bórico MSR**. Ficha de produto (2005). Disponível em: <<http://www.borodosul.com.br/borax-acid.pdf>>. Acessado em: 11 nov. 2010

OLIVEIRA, E.G., **Relatório Interno-FUNEP**. Rio Claro. 2006.

OLIVEIRA, L. P. **Tratabilidade de solos tropicais contaminados por resíduos da indústria de revestimentos cerâmicos**. [s.n.]. Tese de Mestrado em Engenharia Hidráulica – Escola Politécnica, [s.n.], 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL. **Carta Planialtimétrica Municipal 1:10.000**. Rio Claro

SÃO PAULO. Cetesb. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acessado em: 29 out. 2010.

SÃO PAULO. Lei nº 9.034. **Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos**. 1994.

SILVA, J. L. S. **Mini-curso Monitoramento Águas Subterrâneas**. In: SEMANA

ACADÊMICA INTEGRADA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 7ª, 2007, Santa Maria: [s.n.], 2007. Representação de slides.

SILVA, A. L. Bonacin. **Caracterização ambiental e estudo do comportamento do chumbo, zinco e boro em área degradada por indústrias cerâmicas – Região dos Lagos de Santa Gertrudes – SP.** 2001. 222 f.

– 06/07/2001 - 222p. ZAINE, J.E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo:** ensaio de aplicação na área urbana do município de rio claro (SP). 2000. 149 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

ZORDAN, S.E. **Entulho da Indústria da Construção Civil.** Disponível em: http://www.cete.edu.br/cont_ex.php?informacao=C2&id=529>. Acessado em 25 out. 201

ANEXO I

Mapa Potenciométrico da

Área

ANEXO II

Fotos das Atividades de

Campo