



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL

(Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória)

“Vazadouro Municipal de Resíduos”

Bairro do Cercadinho

CAPELA DO ALTO / SP

JULHO - 2014

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	2
2.	INFORMAÇÕES GERAIS	4
3.	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO.....	4
3.1.	HISTÓRICO	4
3.2.	LOCALIZAÇÃO	6
4.	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO MUNICÍPIO DE CAPELA DO ALTO	7
5.	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO.....	8
5.1.	ASPECTOS GEOLOGICOS E GEOMORFOLÓGICOS	8
6.	INSPEÇÃO E VISTORIA	22
6.1.	USO E OCUPAÇÃO.....	22
6.2.	OPERAÇÃO E DESCARTES DE RESÍDUOS	25
7.	GEOFÍSICA.....	25
8.	AQUISIÇÃO, PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS GEOFÍSICOS.	28
9.	RESULTADOS DA GEOFISICA	35
10.	TOPOGRAFIA	37
11.	SONDAGEM DE RECONHECIMENTO AMBIENTAL	39
12.	RESULTADOS DA RELEVANCIA DE RESÍDUOS	41
13.	MODELO CONCEITUAL	43
14.	ABERTURA E CONSTRUÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO.....	44
15.	CARACTERIZAÇÃO GEOTECNICA E GEOLOGICA LOCAL	56
16.	CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLOGICA LOCAL	56
17.	SCREENING PARA GASES NO SOLO.....	60
18.	CAMPANHA DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRANEA	67
19.	ANÁLISE DA ÁGUA SUBTERRANEA	70
20.	ENSAIOS DE PERMEABILIDADE	71
21.	RESULTADOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	74
21.1.	COMPORTAMENTO DO NITRATO	80
21.2.	COMPORTAMENTO DO CHUMBO.....	81
22.	CONTAMINAÇÃO POR LIXIVIADO	82
23.	MAPEAMENTO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO	86



24.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
25.	RECOMENDAÇÕES.....	91
26.	REFERÊNCIAS	92

FIGURAS

FIGURA 1 – OBSERVA-SE A OPERAÇÃO DE MAQUINAS NO PERÍODO DE OPERAÇÃO DO ATERRO.	5
FIGURA 2 – OBSERVA-SE A FRENTE DE RESÍDUO NO PERÍODO DE OPERAÇÃO DO ATERRO.	6
FIGURA 3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS “VAZADOURO MUNICIPAL DE RESÍDUOS”.7	
FIGURA 4 – SEÇÃO ESQUEMÁTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. (ADAPTADO DE AB’SABER, 1957).	9
FIGURA 5 - MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA BACIA DO PARANÁ, E DISTRIBUIÇÃO NO TEMPO DAS DIVERSAS UNIDADES DE SEU REGISTRO ESTRATIGRÁFICO. COM A LOCALIZAÇÃO DA BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ (NEGRITO) DENTRO DO MAPA DA AMÉRICA DO SUL (MILANI, 1997 APUD MILANI ET AL.,2007).	11
FIGURA 6 – A ÁREA DE ESTUDO ESTÁ LOCALIZADA NO DOMÍNIO GEOTECTÔNICO DA BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ. (CPRM, 2006).	15
FIGURA 7 – MAPA GEOLÓGICO REGIONAL APRESENTANDO O GRUPO ITARARÉ E SEDIMENTOS INCONSOLIDADOS DO RIO SARAPUÍ. (CPRM, 2006).....	16
FIGURA 8 – LAYOUT DO EMPREENDIMENTO COM A TOPOGRAFIA.	22
FIGURA 9 – USO E OCUPAÇÃO DO EMPREENDIMENTO (RAIO DE 500 M) – CENTRO ÁREA DO ATERRO (VERMELHO) AO NORTE ENCONTRA-SE O BAIRRO RESIDENCIAL (AZUL), MOVIMENTAÇÃO DE TERRA (LARANJA) E DEMAIS ÁREAS AO ENTORNO COM PASTAGEM E AGRICULTURA (AMARELA).....	23
FIGURA 10 – SITUAÇÃO DO ATERRO ENTRE A TOPOGRAFIA ATUAL E CARTA DO IGC.....	24
FIGURA 11 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS ENSAIOS GEOFÍSICOS NA ÁREA DE ESTUDO.	26
FIGURA 12 - ESQUEMA DE CAMPO PARA A AQUISIÇÃO DE UMA SEV ATRAVÉS DO ARRANJO SCHLUMBERGER, INDICANDO A POSIÇÃO DOS ELETRODOS DE CORRENTE (AB) E DE POTENCIAL (MN) E A DISTRIBUIÇÃO EM SUBSUPERFÍCIE DAS LINHAS DE CORRENTE E DE EQUIPOTENCIAL (MALAGUTTI EL AL. 1999, IN ELIS ET AL. 2004) 27	
FIGURA 13 - ESQUEMA DE CAMPO PARA O CAMINHAMENTO ELÉTRICO ATRAVÉS DO ARRANJO DIPOLO-DIPOLO, INDICANDO A POSIÇÃO DOS ELETRODOS DE CORRENTE (AB) E DE POTENCIAL (MN), NÍVEIS TEÓRICOS DE INVESTIGAÇÃO E A DISTRIBUIÇÃO EM SUBSUPERFÍCIE DAS LINHAS DE CORRENTE E DE EQUIPOTENCIAL. (MALAGUTTI EL AL. 1999, IN ELIS ET AL. 2004)	28
FIGURA 14 – PSEUDO-SEÇÃO REFERENTE AO CAMINHAMENTO ELÉTRICO CE-01.	30
FIGURA 15 - PSEUDO-SEÇÃO REFERENTE AO CAMINHAMENTO ELÉTRICO CE-02.....	31
FIGURA 16 - PSEUDO-SEÇÃO REFERENTE AO CAMINHAMENTO ELÉTRICO CE-03.....	31
FIGURA 17 - PSEUDO-SEÇÃO REFERENTE AO CAMINHAMENTO ELÉTRICO CE-04.....	32
FIGURA 18 – ELETORRESISTIVÍMETRO UTILIZADO PARA O CAMINHAMENTO ELÉTRICO.....	32
FIGURA 19 – EXECUÇÃO DO MÉTODO DE SONDAÇÃO ELÉTRICA VERTICAL – SEV NA ÁREA DE ESTUDO DO VAZADOURO DE RESÍDUOS.....	33
FIGURA 20 – GRÁFICOS DAS SEVS REALIZADAS.....	34
FIGURA 21 – UTILIZAÇÃO DO GPS GEODÉSICO PARA REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL	37

FIGURA 22 – UTILIZAÇÃO DE ESTAÇÃO TOTAL PARA NIVELAMENTO TOPOGRÁFICO.....	38
FIGURA 23 – INICIO DOS SERVIÇOS DE SONDAÇÃO DE RECONHECIMENTO NO LOCAL.....	40
FIGURA 24 – EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE SONDAÇÃO A TRADO PARA RECONHECIMENTO DO MACIÇO DE RESÍDUOS.....	40
FIGURA 25 – VISUALIZA-SE O MODELO DIGITAL DO MACIÇO DE RESÍDUOS GERADOS ATRAVÉS DA CUBAGEM.	
41	
FIGURA 26 – MAPA DE SITUAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO. OS LOCAIS SUSPEITOS ENCONTRAM AO CENTRO DA ÁREA NA CONCENTRAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	42
FIGURA 27 – FLUXOGRAMA DO MODELO CONCEITUAL.....	43
FIGURA 28 – EXECUÇÃO DA SONDAÇÃO MANUAL ATRAVÉS DE TRADO.....	47
FIGURA 29 – EXECUÇÃO DA SONDAÇÃO MECANIZADA ATRAVÉS DE SONDA ROTATIVA.....	47
FIGURA 30 – PROJETO DO POÇO DE MONITORAMENTO COM REVESTIMENTO SIMPLES.....	48
FIGURA 31 – REVESTIMENTO PROTETOR.....	51
FIGURA 32 – ENCERRAMENTO DO POÇO DE MONITORAMENTO DE GASES, OBSERVA-SE A VÁLVULA DE FECHAMENTO.....	55
FIGURA 33 – VISUALIZA-SE A TAMPA DE PROTEÇÃO TIPO CALCADA INSTALADO NO POÇO DE MONITORAMENTO DE GASES.....	55
FIGURA 34 – MAPA POTENCIOMÉTRICO 3D E FLUXO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	59
FIGURA 35 – EXECUÇÃO DA PERFURAÇÃO COM MARTELETE PARA MEDIÇÃO DE GASES NO MACIÇO DE RESÍDUOS.....	61
FIGURA 36 – MEDIÇÃO EM CAMPO DOS PARÂMETROS METANO, OXIGÊNIO E PID, COM O APARELHO IBRID MODELO MX6.....	62
FIGURA 37 – FRASCOS UTILIZADOS NA AMOSTRAGEM DE BAIXA VAZÃO.....	68
FIGURA 38 – REALIZAÇÃO DA FILTRAGEM EM CAMPO DA AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	69
FIGURA 39 – PROCEDIMENTO DE COLETA COM ACOMPANHAMENTO E MEDIÇÃO DE PARÂMETROS DE CAMPO.....	69
FIGURA 40 – ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS PARA ENVIO AO LABORATÓRIO.....	70
FIGURA 41 – INICIO DO ENSAIO DE PERMEABILIDADE (SLUG TEST) NO POÇO DE MONITORAMENTO.....	72
FIGURA 42 – EXECUÇÃO DO SLUG TEST NO POÇO PM-08.....	72
FIGURA 43 – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DE PH NA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	76
FIGURA 44 – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DE EH NA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	77
FIGURA 45 – PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS EM UM ATERRO SANITÁRIO (DEUTSCH, 1997).....	85
FIGURA 46 – CONCENTRAÇÃO DO FERRO E MANGANÊS DISSOLVIDO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA AO LONGO DO SEU FLUXO EM UM ATERRO SANITÁRIO (DEUTSCH, 1997).....	86

TABELAS

TABELA 1 – SÍNTESE DA LOCALIZAÇÃO E COMPRIMENTO DO CAMINHAMENTO ELÉTRICO (DIPLO-DIPOLO).

29

TABELA 01 – LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA.	53
TABELA 02 – LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO DE GASES.	54
TABELA 03 - DADOS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA (JUN/2014).....	57
TABELA 04 – VALORES DE MEDIÇÃO DE GASES - SCREENING.	62
TABELA 05 – VALORES DE MEDIÇÃO DE GASES NOS POÇOS DE MONITORAMENTO DE GASES.....	66
TABELA 06 – DADOS DE CAMPO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO (JUN/2014).	74
TABELA 07 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM OS VALORES ORIENTADORES CETESB.....	78
TABELA 08 – MOBILIDADE DO FLUXO SUBTERRÂNEO ENTRE OS POÇOS DE MONITORAMENTO.	87

ANEXOS

1. MAPA PLANIALTIMETRICO CADASTRAL
2. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS SONDAgens DE RECONHECIMENTO AMBIENTAL
3. BOLETINS DE SONDAgens RECONHECIMENTO AMBIENTAL
4. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO
5. PERFIS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO
6. PERFIL GEOLOGICO
7. MAPA POTENCIOMÉTRICO
8. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA MALHA DE SCREENING DE GASES
9. CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO
10. LAUDOS ANALÍTICOS ÁGUA SUBTERRÂNEA
11. ANÁLISE FÍSICA DO SOLO
12. MAPAS DE INTERVENÇÃO
13. SLUG TEST
14. DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE
15. ART - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Assinatura		
Rafael Ivens da S. Bueno	Eng. Sanitarista e Ambiental CREA/SP 5062324547	
Paulo Roberto Tobiezi	Biólogo / Tecg ^o . Saneamento Ambiental CREA/SP 5060342342	

EQUIPE TÉCNICA

Assinatura		
Bruno Daniel Lenhare	Geólogo CREA/SP 5062286893	
Mayone Santana Miranda	Engenheiro Agrimensor CREA/SP 5069186462	

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem por finalidade atribuir informação sobre a realização da investigação ambiental na área do antigo local de disposição final de resíduos, "Vazadouro municipal de resíduos" localizado no bairro do Cercadinho no município de Capela do Alto, pertencentes à PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO.

O processo administrativo o qual se refere este trabalho está sob o Nº. 100/2013 entre a Prefeitura Municipal de Capela do Alto e a empresa RESITEC SERVIÇOS INDUSTRIAIS LTDA. Essa Investigação Ambiental foi uma exigência da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, através do documento intitulado, PARECER TÉCNICO nº 167/10/TACR de 20/12/2010. Esta Investigação Ambiental consiste basicamente na Avaliação Preliminar e na Investigação Confirmatória da área sob influência do lixão, e fazem parte do Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

A etapa de avaliação preliminar nas áreas de disposição de resíduos de origem urbana tem por objetivo levantar informações sobre o histórico de operação da área, constatar evidências, indícios ou fatos que permitam suspeitar da existência de contaminação na área sob avaliação, por meio do levantamento de informações disponíveis sobre o uso atual e pretérito da área. Este diagnóstico inicial seguiu as seguintes ações: visita técnica e entrevista com pessoas ligadas ao funcionamento da coleta e descarte dos resíduos, a fim de obter um modelo conceitual para a atividade do empreendimento.

Já a segunda etapa de investigação confirmatória tem como objetivo principal confirmar ou não a existência de contaminação gerada a partir da área de disposição de resíduos, incluídas todas as unidades operacionais que dela fazem parte, como exemplo, sistemas de tratamento de efluentes que existam no local. Nesta etapa serão coletadas amostras de água subterrânea e águas superficiais identificadas na avaliação preliminar para serem analisadas em laboratório.

O antigo vazadouro ocupa uma área de 3,5 ha e, segundo informações do TR de março de 2012. Recebiam, em média 420 toneladas por mês provenientes da coleta de resíduos sólidos urbanos do município de Capela do Alto.

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho está em conformidades preconizadas pelo “Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas” (CETESB, 2001) e o documento “Procedimento para Gerenciamento de áreas contaminadas” (2007), apresentando as seguintes etapas:

- ✓ Avaliação Preliminar; e
- ✓ Investigação Confirmatória.

A partir dessas conformidades foram conduzidos os trabalhos de campo descritos a seguir:

- ✓ Campanha 1 – vistoria/inspeção; entrevistas; geofísica e topografia;
- ✓ Campanha 2 – sondagem de reconhecimento ambiental no maciço de resíduos;
- ✓ Campanha 3 – abertura e desenvolvimentos dos poços de monitoramento de água subterrânea e gases;
- ✓ Campanha 4 – medição de gases no maciço de resíduos e nos poços de monitoramento de gases;
- ✓ Campanha 5 – amostragem da água subterrânea e análises laboratoriais; e
- ✓ Campanha 6 – ensaios de slug test.

2. INFORMAÇÕES GERAIS

Parecer Técnico CETESB: **167/10/TACR de 20/12/2010**

Interessado: **Prefeitura Municipal de Capela do Ato**

Denominação: **Vazadouro municipal de resíduos**

Assunto: **Investigação Ambiental na Área do Lixão Municipal de Capela do Alto**

Município: **Capeta do Ato/SP**

Bacia: **Sorocaba Médio – Tietê (UGRHI 10)**

Descrição: **Local de disposição final de resíduos urbanos municipal.**

Produção média: **420 t/mês**

Paralisação das atividades: **Setembro/2013**

Área: **3,5 ha**

3. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

3.1. HISTÓRICO

A formação de Capela do Alto, relativamente recente, foi impulsionada pela chegada de imigrantes alemães, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, mas contou também com famílias que já estavam fixadas na região, sendo lendária a história da fundação da cidade pelas famílias Menck, Plens Wincler e Pops. (Natália Menk, et al).

Originalmente, a terra onde surgiria Capela do Alto, costumava ser local de passagem de tropeiros procedentes do sul do País, que iam comercializar seus muares nas famosas feiras de Sorocaba. Posteriormente, um monge vindo das terras de Ipanema, ergueu no Município quatorze cruzeiros, que até o ano de 1960 serviram para realização da via sacra durante a quaresma, o local foi denominado então Cruzeiro, a qual foi situada defronte a Igreja de Nossa Senhora das Dores, ao redor das quais cresceu o Município. Tornou-se Distrito do Município de Araçoiaba da Serra em 30 de dezembro de 1953, e conquistou sua autonomia municipal, em 28 de fevereiro de 1964

O Município possui uma população de 17.232 habitantes, sendo 11.111 na área urbana e 6.121 na área rural (senso 2008 – IBGE) e sua extensão territorial é de 170 km². A participação da agropecuária no total adicionado do Município é 56,36%, seguido pelos serviços que respondem por 32,77%.

De acordo com funcionários a operação no local encontra-se paralisada desde setembro de 2013, a seguir apresentam-se imagens da operação em janeiro de 2013.



Figura 1 – Observa-se a operação de máquinas no período de operação do aterro.



Figura 2 – Observa-se a frente de resíduo no período de operação do aterro.

3.2. LOCALIZAÇÃO

Sua posição geográfica é Latitude 23° 28' 14" Sul e Longitude 47° 44' 05" Oeste, estando a uma altitude de 625 metros. Pertence à Região administrativa de Sorocaba e à Região de Governo de Itapetininga.

O Município pertence a Bacia do Sorocaba/Médio Tietê, com destaque para o Rio Sarapuí que banha o Município. Faz divisa com os Municípios de Araçoiaba da Serra, Tatuí, Itapetininga, Iperó, Alambari e Sarapuí.



Figura 3 – Localização da Área de Disposição de Resíduos “Vazadouro municipal de resíduos”.

4. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO MUNICÍPIO DE CAPELA DO ALTO

Os resíduos municipais caracterizam-se por lixo doméstico, misturados a resíduos recicláveis. De modo geral os resíduos classificam-se como CLASSE II A. (Natália Menk, et al).

Os resíduos domésticos gerados pela população encontram-se entre 8 a 10 toneladas/dia, incluindo os resíduos orgânicos e recicláveis, conforme o levantamento realizado em 2009. (Natália Menk, et al).

Dos resíduos domésticos encaminhados para o aterro, cerca de 70% dos recicláveis são removidos na triagem, sendo encaminhado para aterro 30% de recicláveis misturados

aos resíduos orgânicos. No mês de dezembro de 2009, das 317 toneladas de resíduos destinadas ao aterro, 117 toneladas eram resíduos recicláveis que não foram removidos. (Natália Menk, et al).

Os resíduos de serviços de saúde são coletados semanalmente, por empresa especializada, em conformidade com a legislação vigente e devidamente licenciada. Desta forma, a destinação final dos resíduos de serviço de saúde fica sobre a responsabilidade da empresa contratada. (Natália Menk, et al).

Os resíduos colhidos nos serviços de limpeza pública são ensacados e dispostos nas vias, para a coleta diurna pelo caminhão, que os transporta até o aterro sanitário. (Natália Menk, et al).

5. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

Os itens abordados nesta parte do estudo são aqueles necessários para a caracterização do meio físico, de acordo com o tipo e o porte do empreendimento e segundo as características da região.

5.1. ASPECTOS GEOLOGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

O trabalho foi desenvolvido adotando-se uma abordagem regional com integração de informações primárias, obtidas da observação direta, no campo, fotointerpretação de imagem de satélite, dados de ensaios de campo, perfurações de poços e investigações geofísicas sobre a área de intervenção a dados bibliográficos em escalas diversas, para as áreas de geologia, geomorfologia e hidrogeologia.

➤ GEOMORFOLOGIA

No Estado de São Paulo, Almeida (1964) propôs a subdivisão geomorfológica, que serviu de base para a Carta Geomorfológica do Estado, feita pelo IPT (1981). O autor dividiu

o relevo em províncias, zonas e subzonas. Províncias como o Planalto Atlântico, Província Costeira, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental. A geomorfologia apresenta-se como critérios clássicos da seção geológica do Estado de São Paulo apresentada por Ab'Saber (Figura 4).

A área em apreço situa-se dentro localizam-se nos limites de que em termos geológicos-geomorfológicos são conhecidos como Depressão Periférica (MORAES REGO, 1932 apud ALMEIDA, 1964) na Zona do Médio Tietê. Este domínio é caracterizado pelo predomínio de uma topografia suave, apresentando desníveis que raramente ultrapassam os 200 metros e representada por colinas extensas e restritas, de formas suaves e de baixa amplitude, com esparsos morros testemunhos, morrotes alongados e espigões, dispostos a altitudes de 500-680 m, separados por vales jovens, sem planícies aluviais importantes (Almeida, 1964).

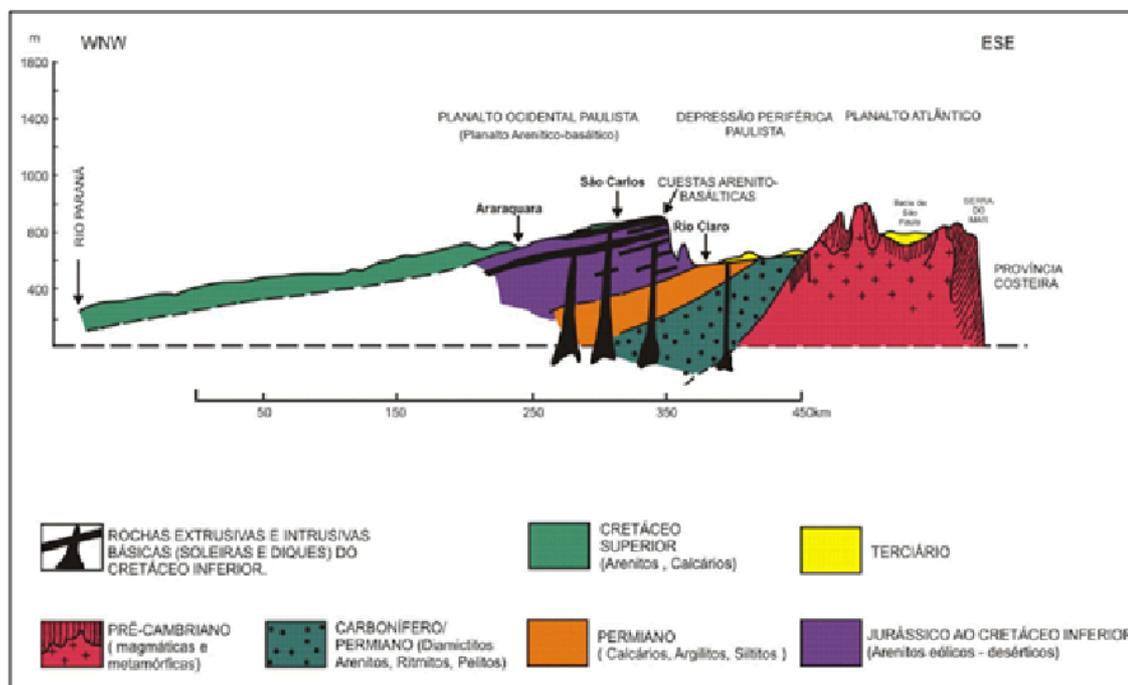


Figura 4 – Seção esquemática do estado de São Paulo. (Adaptado de Ab'Saber, 1957).

➤ **GEOLOGIA REGIONAL**

O contexto geológico da área de estudo é abarcado pela Bacia Sedimentar do Paraná, espalhada por vasta área, que apresenta forma aproximadamente elíptica, situada na porção sudoeste da América do Sul, cujo eixo maior encontra-se em posição norte-sul (Figura 5). Constitui bacia sedimentar de interior cratônico, que recobre cerca de 1.100.000 km² do Brasil, estendendo-se também por cerca de mais 300.000 km² pelo Paraguai oriental, nordeste da Argentina e norte-noroeste do Uruguai. No Brasil, a bacia compreende os estados do Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), e partes de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais. O registro litológico, envolvendo rochas sedimentares e vulcânicas alcança espessuras máximas de cerca de 6.000 m.

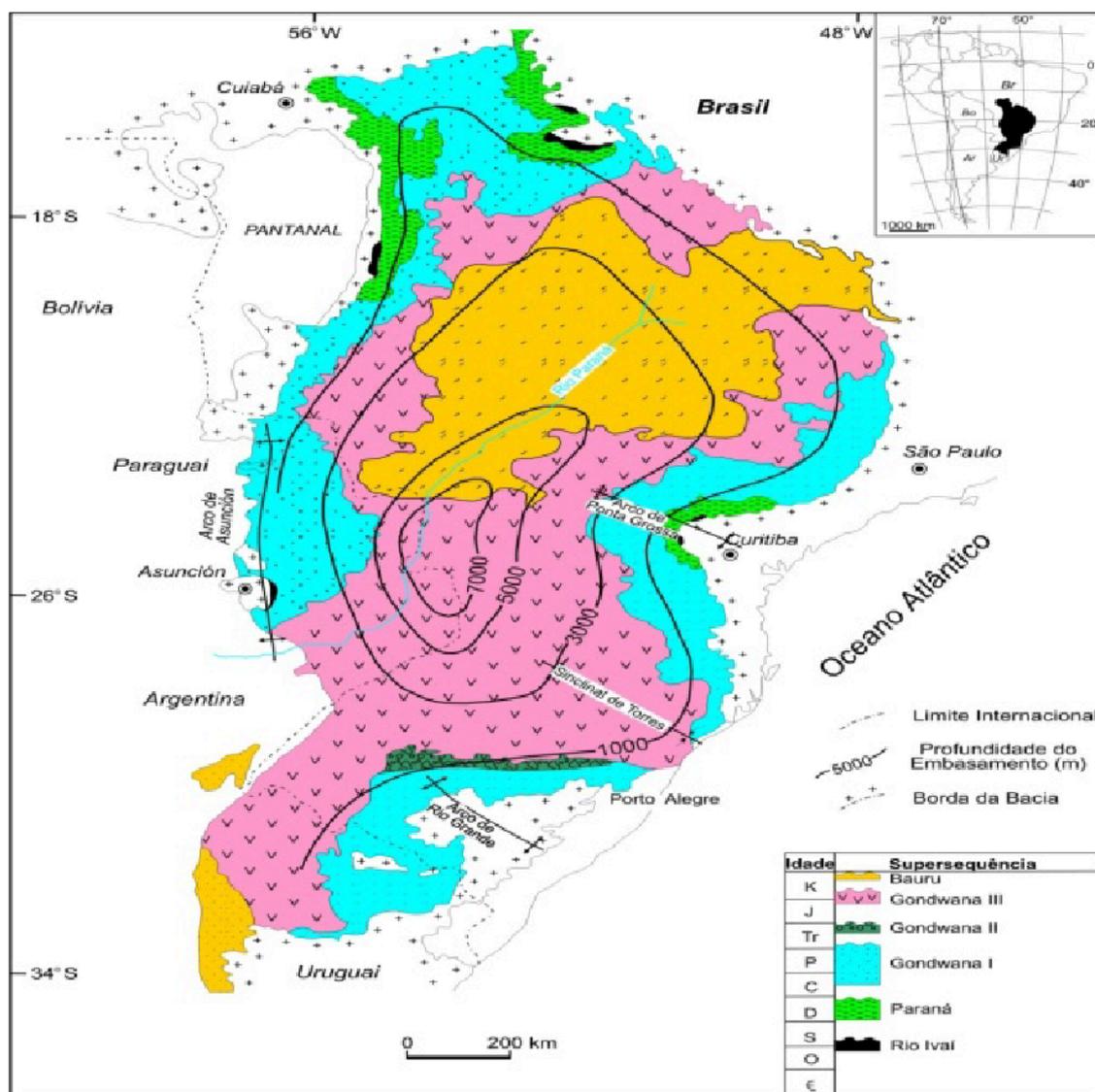


Figura 5 - Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná, e distribuição no tempo das diversas unidades de seu registro estratigráfico. Com a localização da Bacia Sedimentar do Paraná (**negrito**) dentro do mapa da América do Sul (Milani, 1997 apud Milani et al., 2007).

O depocentro coincide aproximadamente com o Rio Paraná, embora o eixo principal de deposição tenha variado durante a história da bacia. O conteúdo litológico da bacia abarca estratos cujas idades variam do Neo-Ordoviciano ao Neocretáceo. O registro, não obstante, é descontínuo, porque subdivide-se em supersequências (sensu Vail et al. 1987) distribuídas descontinuamente por seus 385 Ma de história (segundo estimativa de

Milani 1997). Sendo assim, o registro preservado não ilustra todo esse intervalo cronológico. Grande parcela desse tempo geológico corresponde a lacunas entre as sequências e também a hiatos intrassequências.

A estratigrafia da Bacia do Paraná constitui um dos temas mais estudados na geologia brasileira. O trabalho pioneiro de síntese estratigráfica regional da Bacia do Paraná foi desenvolvido por I. C. White, no início do século XX. No clássico relatório sobre o estudo dos depósitos de carvão do sul do Brasil, White (1908) estabeleceu a primeira coluna estratigráfica da bacia, cujas unidades litoestratigráficas gerais são válidas até os dias de hoje. A bela sucessão pode ser visitada em roteiro geológico disponível na internet (CPRM, s.d.). À exceção dos depósitos pré-devonianos, não conhecidos naquela época, e dos estratos devonianos, não aflorantes nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, a organização estratigráfica proposta por White constitui a espinha dorsal de todas as reavaliações estratigráficas que se sucederam desde então.

Em termos dos ciclos sedimentares de mais alta escala dentro da bacia, são reconhecidas atualmente grandes unidades cronoestratigráficas, que representam espessos pacotes de rochas (com várias centenas de metros de espessuras), cuja deposição envolveu algumas dezenas de milhões de anos de duração. Tais pacotes são limitados entre si por significativas discordâncias, que representam descontinuidades pronunciadas no registro sedimentar durante as quais a bacia esteve submetida a ação erosiva em grande escala.

Os depósitos paleozoicos da Bacia do Paraná estão inseridos nas supersequências Rio Ivaí, Paraná e Gondwana I, sendo que esta última abrange também, em parte dela, depósitos mesozoicos do Triássico. A Supersequência Rio Ivaí relaciona-se à implantação da Bacia do Paraná, e a geometria de sua área de ocorrência, com depocentros alongados de orientação geral SW-NE, sugere que a mesma foi controlada por algum mecanismo de rifteamento.

Em termos litoestratigráficos, o registro da supersequência é representado pelos Grupos Itararé, Guatá e Passa Dois, que se depositaram sob altas taxas de subsidência e deslocamento dos centros de deposição. A seção inferior da Supersequência Gondwana I, depositada no Neocarbonífero-Eopermiano, inclui depósitos glaciogênicos do Grupo Itararé e da Formação Aquidauana. No Grupo Itararé estão representadas, a partir da base, as formações Lagoa Azul (pacote arenoso inferior, sobreposto por folhelhos e diamictitos); Campo Mourão (que corresponde ao pacote arenoso principal do Grupo Itararé) e Taciba (constituída por folhelhos com intercalações arenosas e diamictitos). Na porção nortenoeste da bacia, a seção cronoequivalente aos depósitos do Grupo Itararé é representada pela Formação Aquidauana. Seus depósitos têm características similares àqueles do Grupo Itararé, exibindo coloração vermelha característica. O Grupo Guatá, por sua vez, é representado pelas formações Rio Bonito (arenito associado a carvões, siltito e folhelho, depositados em contexto deltaico, marinho e litorâneo); Palermo (constituída por siltito e siltito arenoso bioturbado, depositados em um ambiente marinho muito raso).

O Grupo Passa Dois, cuja deposição se estendeu do Neopermiano até provavelmente o Triássico inicial, é constituído, a partir da base, pelas formações Irati (faciologia variável, que inclui folhelhos, folhelhos betuminosos, arenitos, margas, carbonato e anidrita, indicativos de uma geometria de bacia complexa em que se configuram golfos e baías de profundidades e salinidades variáveis); Serra Alta (estratos de folhelhos que registram um ciclo regressivo de ampla magnitude); Teresina (constitui-se de argilitos e siltitos cinza-claros, com calcários oolíticos e bancos de coquina, depositados sob ação de ondas e marés); e Formação Rio do Rastro (constituída por arenitos, siltitos e folhelhos arroxeados, esverdeados e avermelhados, cuja deposição é atribuída a um sistema deltaico que avançou na bacia desde a sua borda oeste).

Na Formação Irati são registrados fósseis de répteis mesossaurídeos que integram um horizonte estratigráfico de importância singular no Permiano da Bacia do Paraná. A

distribuição desses fósseis por pacotes de mesma idade na Bacia do Karoo, na região sul do continente africano, representa fato importante na definição do contexto paleogeográfico do Permiano de Gondwana Ocidental, como também serviu, nas primeiras décadas do século XX, como importante reforço à tese da deriva continental. Na concepção estratigráfica baseada em Milani e Zalán (1999), a Formação Piramboia, tida tradicionalmente como triássica em discordância com os depósitos permianos, é indicada em contato concordante com o Grupo Passa Dois. Ressalta-se, no entanto, que tal posição não é consensual na literatura, em função da dificuldade de datação do intervalo.

➤ **GEOLOGIA LOCAL**

Grupo Itararé

O Grupo Itararé (Figuras 6 e 7) é subdividido nas formações: Campo do Tenente, Aquidauana, Maфра e Rio do Sul, sendo que a Formação Aquidauana ocorre no Mato Grosso, Goiás e Nordeste de São Paulo, as outras foram mapeadas nos Estados de Santa Catarina e Paraná. Em São Paulo, o Grupo ainda permanece sem divisão (Milani et al., 2007).

O Grupo Itararé é caracterizado por uma grande complexidade faciológica, composta por conglomerados, arenitos, diamictitos, ritmitos e folhelhos com clastos caídos de icebergs. A deposição dos sedimentos do Grupo Itararé envolveu paleoambientes deposicionais fluvio-deltáicos a marinhos plataformais e esteve sujeita a influências da glaciação permocarbonífera e da tectônica ativa, refletida em subsidências e soerguimentos em áreas próximas ou dentro da bacia. Durante a deposição do Grupo Itararé, o paleocontinente Gondwana afastava-se do polo Sul, refletindo no clima, que passava de glacial a temperado (Milani et al. 2007).

No Grupo Itararé estão representadas, a partir da base, as formações Lagoa Azul (pacote arenoso inferior, sobreposto por folhelhos e diamictitos); Campo Mourão (que corresponde ao pacote arenoso principal do Grupo Itararé) e Taciba (constituída por

folhelhos com intercalações arenosas e diamictitos). Na porção norte-noroeste da bacia, a seção cronoequivalente aos depósitos do Grupo Itararé é representada pela Formação Aquidauana. Seus depósitos têm características similares àqueles do Grupo Itararé, exibindo coloração vermelha característica.

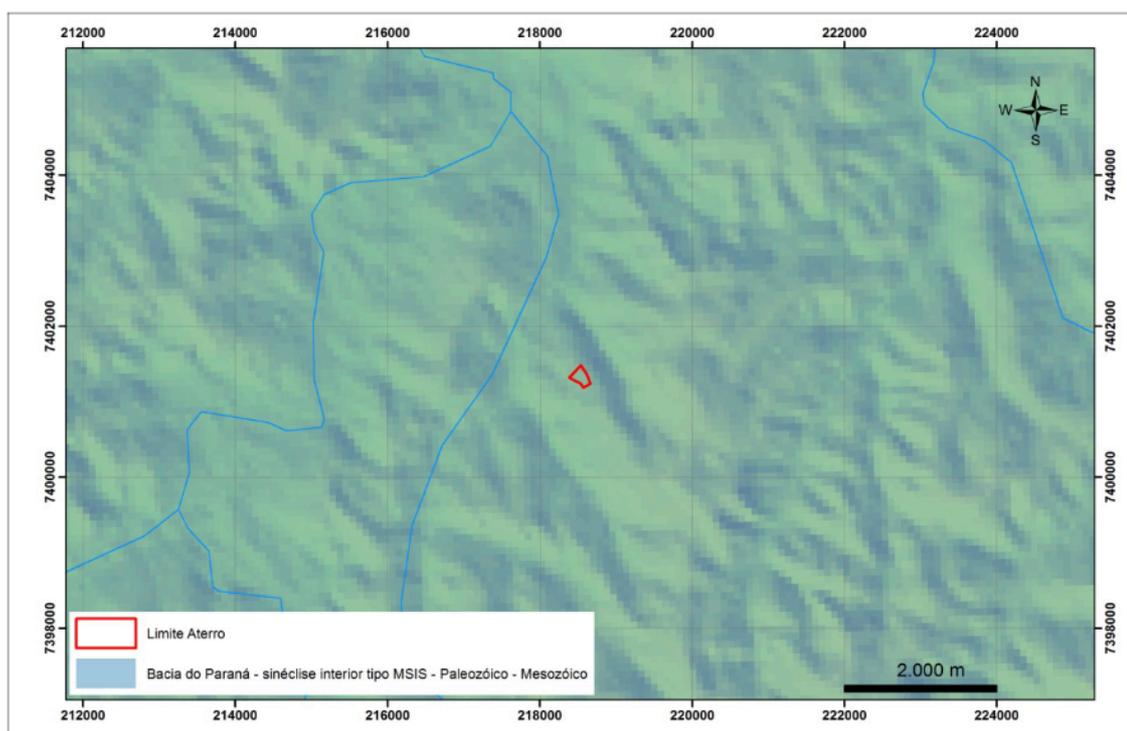


Figura 6 – A área de estudo está localizada no domínio geotectônico da Bacia Sedimentar do Paraná. (CPRM, 2006).

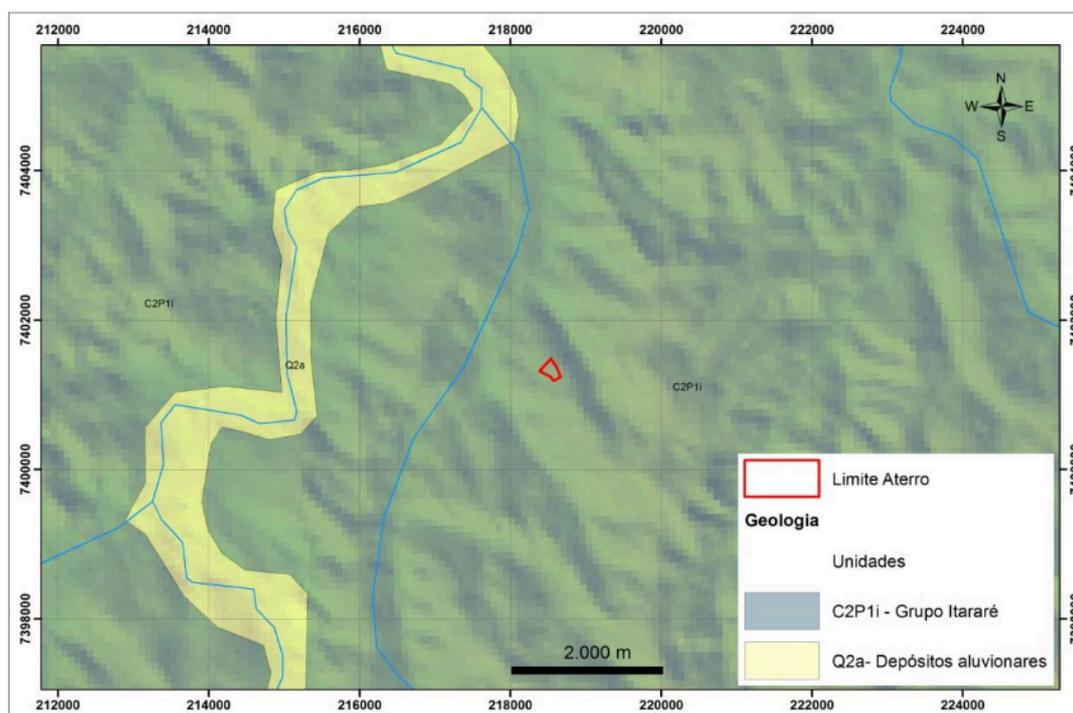


Figura 7 – Mapa geológico regional apresentando o Grupo Itararé e sedimentos inconsolidados do Rio Sarapuí. (CPRM, 2006).

Na área de estudo foram reconhecidos superficialmente solos residuais provenientes da alteração de rochas sedimentares do Grupo Itararé. Este solo residual é composto por argila areno siltosa de coloração avermelhada, fato verificado durante as campanhas de sondagem de reconhecimento ambiental.

Como a área de estudo configura um aterro os sedimentos ali presentes podem não representar a realidade geológica da região. Contudo, durante um mapeamento geológico nos arredores foi verificado que este solo é recorrente por toda a proximidade do empreendimento. Segundo as campanhas de sondagem de reconhecimento ambiental foi verificado que este solo apresenta uma espessura média de aproximadamente 3 metros.

Na área do empreendimento, abaixo deste solo residual há ocorrência de resíduos sólidos, e abaixo deste o solo argilo areno siltoso de coloração avermelhada que foi utilizado

como aterro para instalação do empreendimento. Fora da área onde há o resíduo sólido, na região mais rebaixada as sondagens indicaram que a camada de solo residual é composta por argila arenosa fina de coloração marrom a avermelhada com espessura de aproximadamente 4 metros.

Em seguida, abaixo da camada de solo ocorre um ritmito composto por camadas de argilito intercaladas por camadas de arenito fino de coloração variando entre amarelo e cinza. Esta camada de ritmito é contínua até a profundidade de 20 metros, segundo a campanha investigativa cujo limite do equipamento foi de 20 metros, ou seja, esta camada pode ser mais espessa que o encontrado durante este estudo.

➤ **RECURSOS HÍDRICOS**

Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - (UGRHI 10) é composta pelas bacias hidrográficas dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. A UGRHI 10 está inserida na região centro A UGRHI está localizada no centro-sudeste do Estado de São Paulo, abrangendo 54 municípios, dos quais 34 com sede em seu território e 20 possuindo apenas áreas rurais (CBH-SMT & FABH-SMT,2008).

Possui área total de 11.911,953 km², dividida em cinco sub-bacias:

- ✓ Sub-bacia 1 – Médio Tietê Inferior;
- ✓ Sub-bacia 2 – Médio Tietê Médio;
- ✓ Sub- bacia 3 – Baixo Sorocaba;
- ✓ Sub- bacia 4 – Médio Sorocaba;
- ✓ Sub- bacia 5 – Médio Tietê Superior;
- ✓ Sub- bacia 6 – Alto Sorocaba.

A área da UGRHI está situada na sua porção leste sobre rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino, geralmente de médio a alto grau metamórfico e complexa

estrutura policíclica. O solo predominante nessa região é o argissolos ou latossolos vermelhos -amarelos. A geologia é constituída por rochas de idades variando desde o Pré-Cambriano até o Cenozóico.

A Bacia é composta pelas unidades estratigráficas do Embasamento Cristalino, Grupo Tubarão (Formações Itararé e Tatuí), Grupo Passa Dois (Formações Irati e Corumbataí), Grupo São Bento (Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral), Grupo Bauru (Formação Marília) e Sedimentos Cenozóicos.

A UGRHI10 inserida em um planalto cristalino (atlântico) sucedido pela depressão periférica, sendo esta limitada à oeste pelas cuestas basálticas. Atualmente na bacia a extração de 52 bens minerais distribuídos nas bases de combustível fóssil, fertilizantes, gemas e pedras ornamentais, rochas betuminosas, água, substâncias minerais para construção civil e substâncias minerais industriais (CBH-SMT & FABH-SMT, 2008).

De acordo com o Relatório Zero da UGRHI 10, o clima predominante na bacia se divide em três: clima úmido quente com inverno seco (predominante em quase toda UGRHI 10); clima quente úmido sem estação seca (municípios de Ibiúna e Piedade) e clima temperado úmido sem estação seca (município de São Roque). Conforme mapa de precipitações médias anuais históricas (DAEE 1997) observa-se na UGRHI-10 valores regionais em torno de 1.200mm (CBH-SMT & FABH-SMT, 2008).

A cobertura vegetal na UGRHI – 10 é caracterizada por nove tipos de vegetação: formações Savânicas ou Cerrados e Cerradões; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Ombrófila Densa; Matas Ripária ou Ciliar; Capoeira; Áreas úmidas/Várzeas; reflorestamentos; culturas, campos e pastagens. Atualmente, a mata nativa corresponde apenas a 12,09% da área da UGRHI, sendo que os 87,91% restante é ocupada por coberturas

vegetais produzidas pelo homem (culturas, campos e pastagens), destacando as áreas de pastagens com 67,64% (CBH-SMT & FABH-SMT, 2008).

A UGRIH – 10 caracterizam-se predominante por um perfil urbano, embora em alguns municípios exista uma população rural significativa, como é o caso de Ibiúna e Piedade. A população total estimada é 1.836.750 habitantes (projeção SEADE, 2007), a taxa de crescimento anual (1996-2000) corresponde a 3,09%, sendo maior que a média do Estado de São Paulo que é de 2,07%. O Município de Sorocaba é o mais populoso com mais de 610.000 habitantes (atualmente) seguido por Itu e Botucatu (CETESB, 2008).

A economia é baseada predominantemente na atividade industrial, destacando a indústria alimentícia, metalúrgica e extrativista, sendo Sorocaba o principal pólo industrial da bacia. A agricultura caracteriza-se pelo cultivo de pastos, cana-de-açúcar, milho e hortaliças (CETESB, 2008).

A Bacia drena uma área de 11.829 Km², com uma vazão média de 107 m³/s e vazão mínima de 22 m³/s. Os principais rios são o Tietê, Sorocaba, Ipanema e Sarapuí. A bacia tem um consumo médio de 17,98 m³/s, sendo que a agricultura (irrigação) o maior usuário com 8,35 m³/s, seguido pelo uso urbano com 5,27 m³/s consumidos e pelo uso industrial com 4,36 m³/s consumidos (CETESB, 2008). Em 31% dos municípios da bacia o abastecimento é feito a partir de águas superficiais (rios, córregos ou represas), 22% dos municípios da bacia utilizam exclusivamente águas subterrâneas para o abastecimento público, 28% dos municípios da bacia utilizam sistema misto e 19% dos municípios da bacia há dados (CBH-SMT & FABH-SMT, 2008).

Localmente não apresenta qualquer curso d'água no interior da área de estudo, apenas a uma distância média de 500 metros de acordo com o IGC.

➤ **HIDROGEOLOGIA REGIONAL**

Os reservatórios de água subterrânea que ocorrem na região foram caracterizados em função de sua distribuição espacial, parâmetros hidráulicos, de modo de circulação da água e condições de armazenamento.

Sendo identificados e considerados os seguintes aquíferos:

- ✓ Sistema Aquífero Cristalino
- ✓ Sistema Aquífero Tubarão
- ✓ Sistema Aquífero Botucatu
- ✓ Sistema Aquífero Basalto
- ✓ Aquífero Passa Dois
- ✓ Aquífero Marília

Em cada um destes sistemas, o armazenamento e a circulação da água ocorrem de modo específico, sendo possível, no entanto, classificá-los de acordo com suas características litológicas em três grupos distintos: meios de porosidade predominante granular (Tubarão, Botucatu e Marília), meios de porosidade de fissuras (Cristalino e Basalto) e porosidade mista, granular e por fissuras (Passa Dois).

Sistema Aquífero Tubarão

Este Aquífero situa-se no Grupo Tubarão, subgrupo Itararé. Formação Tatuí e encontra-se cortado em diversos pontos por intrusões de diabásio, que localmente interrompem sua continuidade, sendo ainda recoberto em áreas próximas aos lineamentos de drenagem por camadas de sedimentos Cenozóicos.

O armazenamento e a circulação da água neste Aquífero ocorrem através dos interstícios dos sedimentos clásticos grosseiros (arenitos, conglomerados, diamicticos), que estão intercalados com camadas de sedimentos finos (lamintos, siltidos, folhelhos) dificultando o escoamento da água subterrânea no sentido vertical caracterizando uma

situação de situação de anisotropia com permeabilidade verticais inferiores às horizontais. Há alternância em superfície de sedimentos grosseiros e finos com espessuras variadas, acentuando a heterogeneidade das propriedades deste Sistema Aquífero.

Nesta bacia este aquífero é livre (freático). O substrato do aquífero tubarão é constituído pelas rochas Pré-Cambrianas do Aquífero Cristalino e à medida que avança para noroeste, passa a ser confinado pela seqüência do Grupo Passa Dois, que por sua vez fica freático neste local.

Em âmbito regional, este aquífero comporta-se como um reservatório subterrâneo de produtividade bastante limitada, contendo áreas localizadas com potenciais mais elevados. Análises de produtividade de poços em relação à profundidade indicaram melhores valores de capacidade específica por metro perfurado no intervalo de profundidade menor que 100m, comparativamente aos de 100-150m e > 150m. Assim, ao aprofundamento de poços no Tubarão, em relação a uma melhora de produtividade, é pouca efetiva quando estes já são superiores a 100m, o que contraria a tradição de perfuradores da região.

Para maior conhecimento do aquífero local será realizado através da abertura dos poços de monitoramento e sondagens de reconhecimento ambiental juntamente a topografia determinar o potencial hidráulico e posteriormente a elaboração do mapa potenciométrico local, além dos ensaios de condutividade hidráulica.

6. INSPEÇÃO E VISTORIA

A vistoria técnica consistiu no levantamento de informações sobre a disposição final de resíduos e métodos de operação do aterro, realizada em 24/02/2014 também contou com a execução do levantamento topográfico e o levantamento geofísico. As figuras a seguir apresentam a localização do empreendimento.

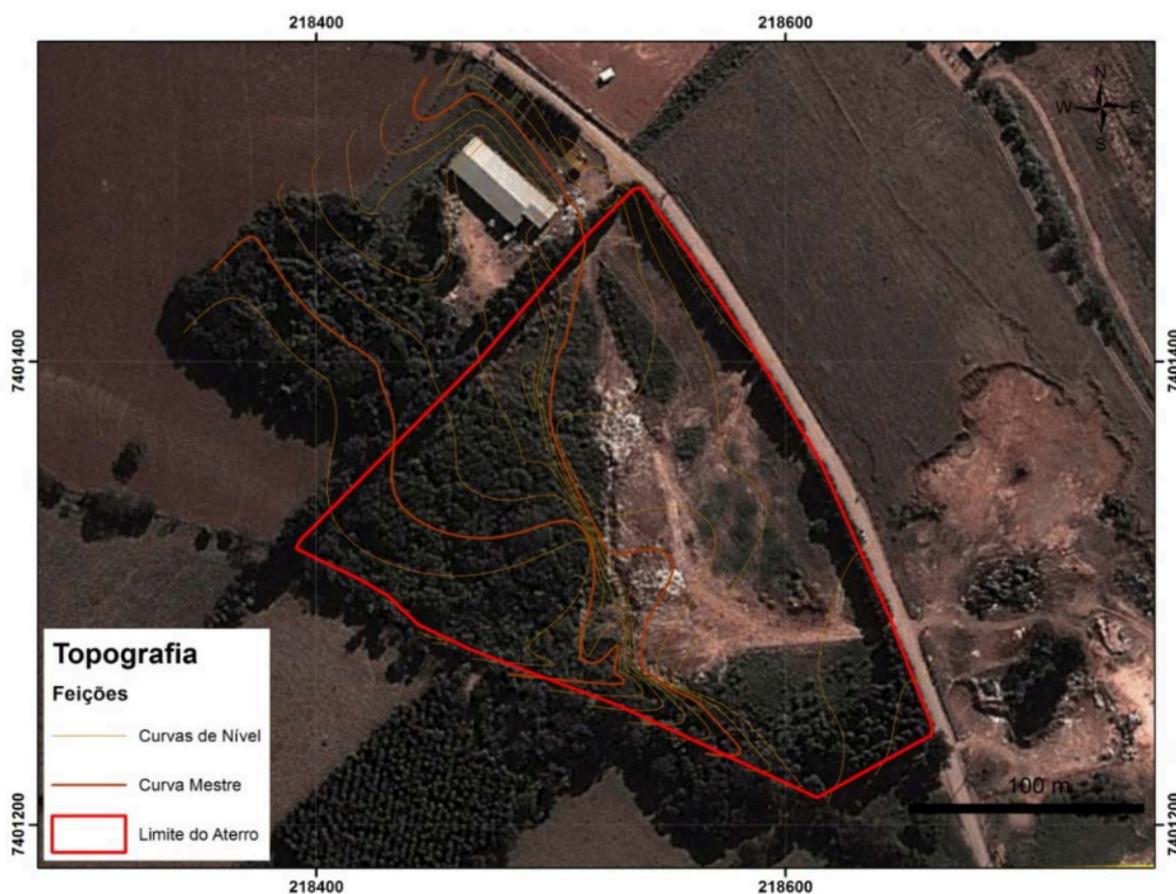


Figura 8 – Layout do empreendimento com a topografia.

6.1. USO E OCUPAÇÃO

No entorno não há nenhum histórico de áreas contaminadas cadastradas segundo relação municipal da CETESB ate dezembro de 2012, tão pouco poços profundos de abastecimento cadastrados. O local classificado como zona rural, possui em suas mediações áreas com movimentações de terra, moradores rurais (sítios e chácaras), pastagem,

agricultura e bairro residencial, o mapa a seguir apresenta localização e raio de 500 metros do limite do aterro.



Figura 9 – Uso e ocupação do empreendimento (raio de 500 m) – centro área do aterro (vermelho) ao norte encontra-se o bairro residencial (azul), movimentação de terra (laranja) e demais áreas ao entorno com pastagem e agricultura (amarela).

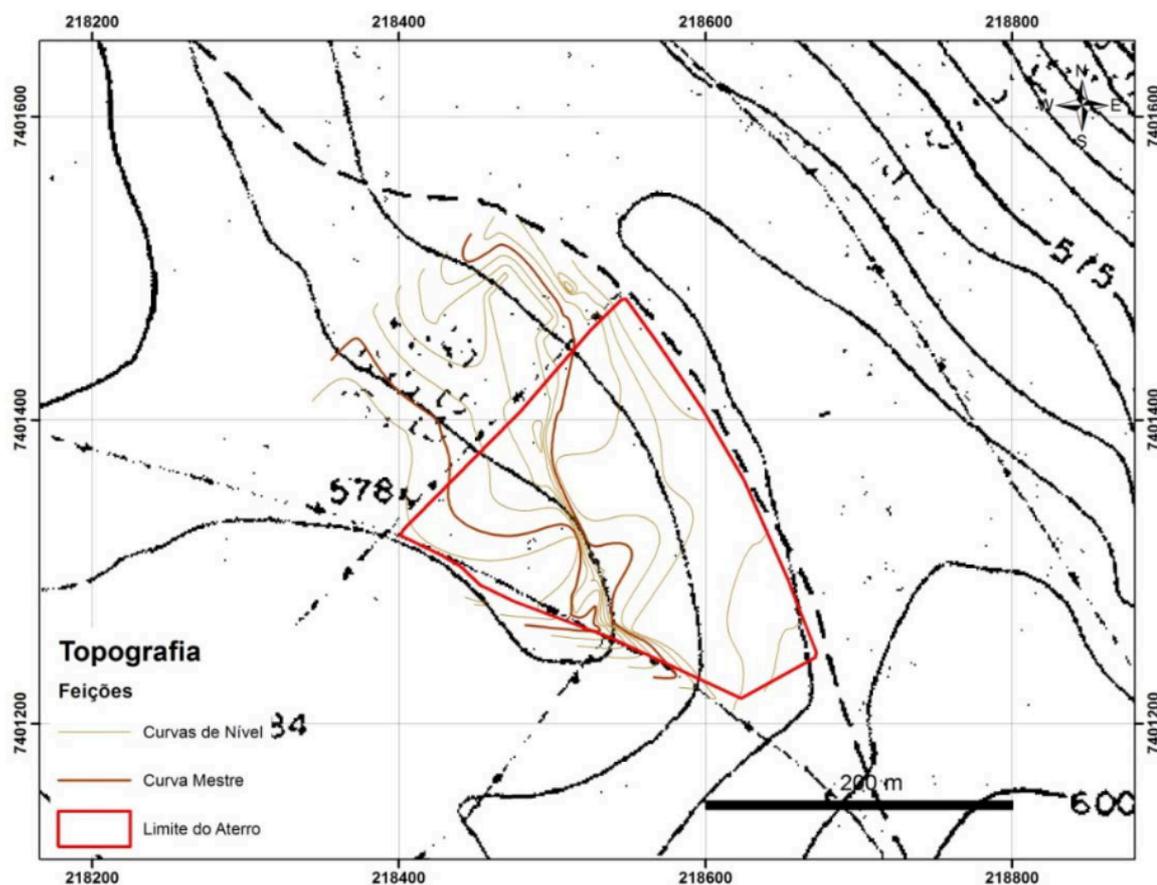


Figura 10 – Situação do aterro entre a topografia atual e carta do IGC.

De acordo com o mapa IGC, ao centro apresentam as cotas 585 e 580, comparados com a topografia realizada, cotas 580 e 575, fica evidente que a operação de aterro “vazadoiro” de resíduos acarretou certa reconformação do relevo original da área. Detalhe para não existência de cursos hídricos.

6.2. OPERAÇÃO E DESCARTES DE RESÍDUOS

De acordo com entrevistas e questionamentos sobre a operação do Lixão durante sua vida útil, demonstrou sua maior proporção para resíduos sólidos urbanos com disposição final através de valas e até bags, sendo envelopados os resíduos. Também descartados resíduos provenientes de podas e varrição conforme encontrados durante vistoria para reconformação final do terreno, além da detecção pontualmente de vestígios de resíduos do serviço de saúde.

Ressaltamos a falta de controle diário e mensurado quaisquer quantitativos referentes à recepção de resíduos durante sua vida útil. Sendo consideradas uma média 420 toneladas por mês provenientes da coleta de resíduos sólidos urbanos do município de Capela do Alto.

7. GEOFÍSICA

Na área do aterro de resíduos foram realizadas campanhas de investigações indiretas de subsuperfície através técnicas de geofísica pelos métodos de caminhamento elétrico (CE) e sondagem elétrica vertical (SEV), e foram dispostas segundo o que se apresenta na Figura abaixo.

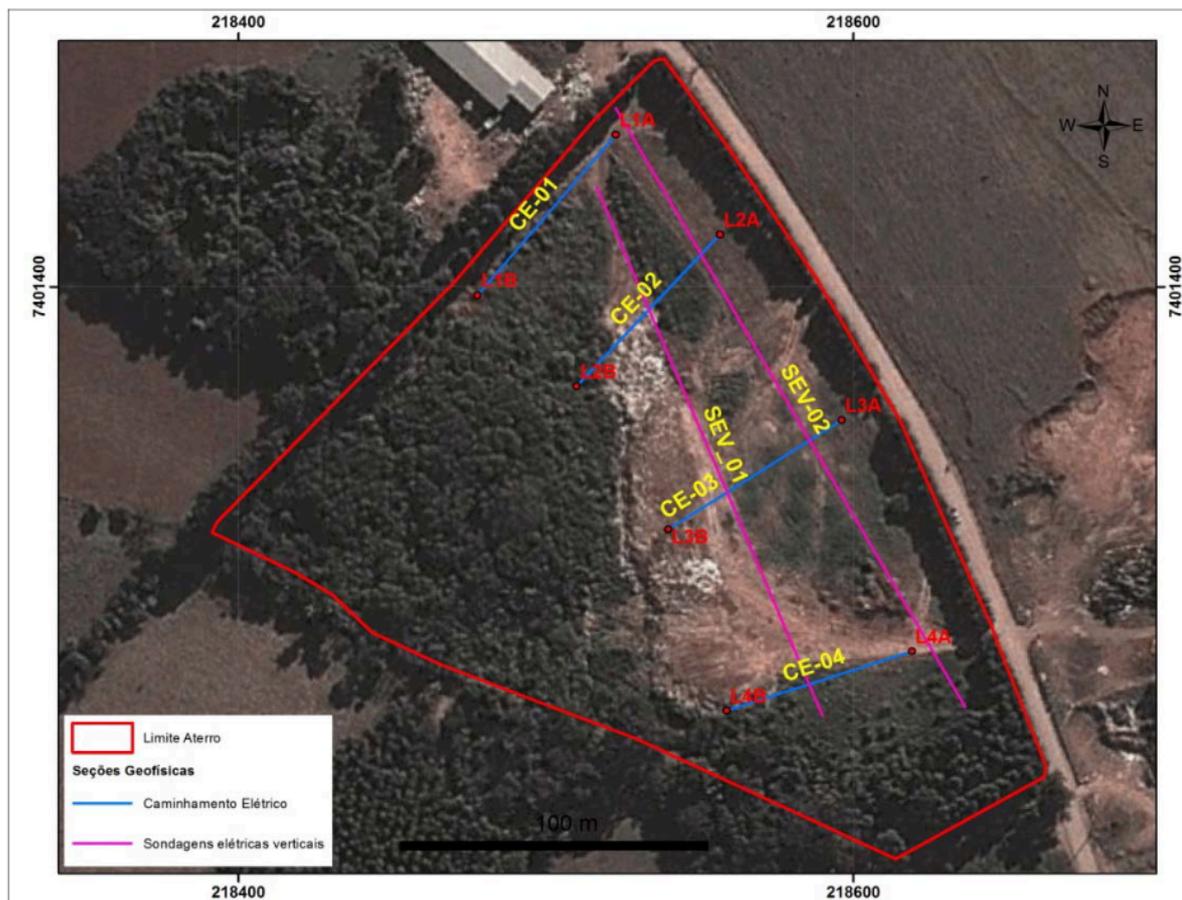


Figura 11 – Mapa de localização dos ensaios geofísicos na área de estudo.

Métodos Geoelétricos

Sondagem Elétrica Vertical - Arranjo Schlumberger

A técnica da sondagem elétrica vertical consiste, basicamente, na análise e interpretação da resistividade aparente, obtida a partir de medidas efetuadas na superfície do terreno, investigando sua variação em profundidade.

No arranjo de campo mais utilizado nas SEVs, colocam-se quatro eletrodos na superfície do terreno, disposto simetricamente em relação ao centro “o” e sobre uma mesma linha reta, como indicado na figura abaixo. O arranjo Schlumberger é muito rápido, sendo necessário, praticamente, o deslocamento de apenas dois pares de eletrodos, do que

decorrem leituras relativamente livres de ruídos parasitários. Neste tipo de arranjo o coeficiente geométrico K é obtido pela equação (1):

$$K = \pi(|AM| \cdot |AN|) / |MN| \quad (1)$$

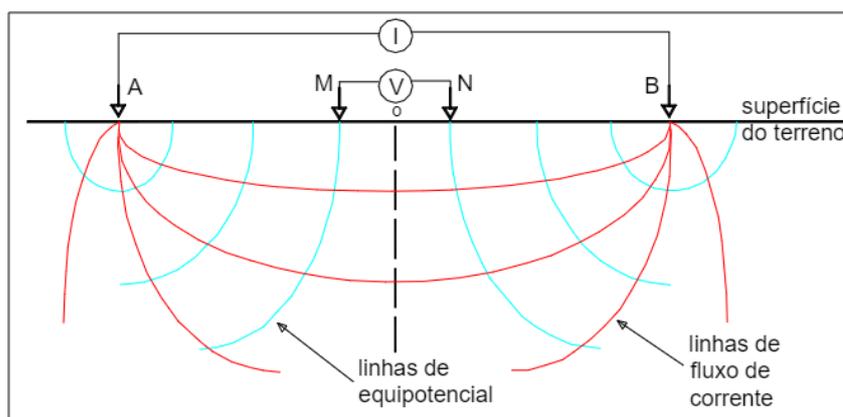


Figura 12 - Esquema de campo para a aquisição de uma SEV através do arranjo Schlumberger, indicando a posição dos eletrodos de corrente (AB) e de potencial (MN) e a distribuição em subsuperfície das linhas de corrente e de equipotencial (Malagutti et al. 1999, in Elis et al. 2004)

Os resultados obtidos no campo são dispostos em um gráfico bi-logarítmico, no qual são representados nos eixos das abscissas a distância em metros ($AB/2$), e no eixo das ordenadas os valores da resistividade aparente (ρ_a). O software de domínio público IPI2Win é utilizado na inversão e modelamento dos dados resistivimétricos das SEVs, o qual fornece o número de camadas e suas resistividades verdadeiras, cabendo ao geólogo interpretar suas relações com o meio físico investigado.

Arranjo Dipolo-Dipolo (Imageamento Elétrico 2-D)

Na prática dos levantamentos de imageamento elétrico 2-D, denomina-se geralmente a fonte de corrente como circuito transmissor, ou simplesmente transmissor, e os circuitos relacionados com os eletrodos de potencial como receptor. O arranjo eletródico

normalmente utilizado neste tipo de levantamento é o dipolo-dipolo, onde a separação entre os eletrodos de corrente (AB) é a mesma dos eletrodos de potencial (MN), e a distância entre seus pontos médios é um múltiplo deste espaçamento.

Os caminhamentos elétricos são usualmente feitos ao longo de linhas ou perfis. O procedimento mais comum é posicionar os eletrodos de corrente (AB) no início da linha. As leituras são feitas através de pares sucessivos de eletrodos de potencial (MN), igualmente espaçados. O transmissor (AB) é então deslocado para a próxima posição, na mesma linha, e o procedimento é então repetido. Tal procedimento é ilustrado a seguir.

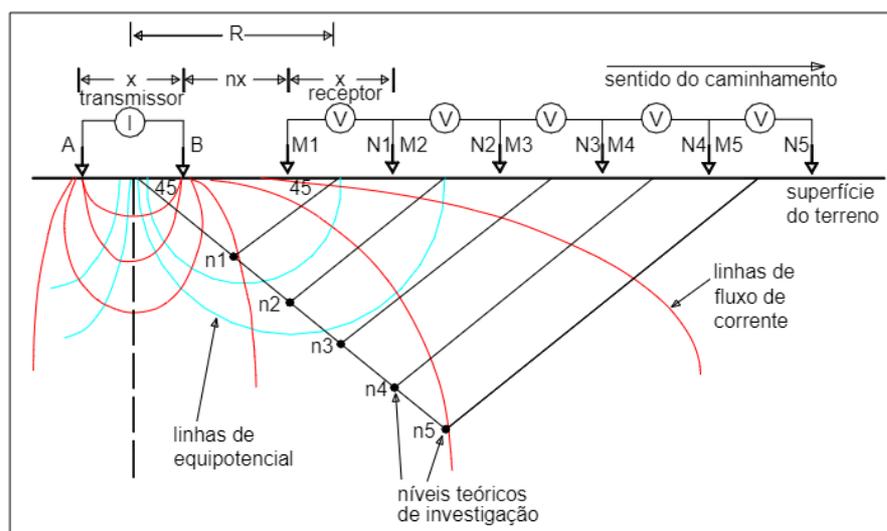


Figura 13 - Esquema de campo para o caminhamento elétrico através do arranjo dipolo-dipolo, indicando a posição dos eletrodos de corrente (AB) e de potencial (MN), níveis teóricos de investigação e a distribuição em subsuperfície das linhas de corrente e de equipotencial. (Malagutti et al. 1999, in Elis et al. 2004)

8. AQUISIÇÃO, PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS GEOFÍSICOS.

Os dados de eletrorresistividade obtidos na área do aterro de Capela do Alto foram adquiridos através de dois tipos de arranjos eletródicos, a saber: Dipolo-Dipolo e Schlumberger. Para o primeiro é aplicada a técnica do caminhamento elétrico, também

conhecido como imageamento elétrico 2-D ou tomografia elétrica, enquanto para o segundo a técnica é conhecida como sondagem elétrica vertical ou, simplesmente SEV.

Os equipamentos utilizados são compostos por um módulo, que perfaz a transmissão de corrente alimentado por baterias e receptor designado eletrorresistivímetro, ambos da marca GeoMedida. O eletrorresistivímetro é conectado aos eletrodos de corrente A e B, enquanto o sistema de recepção é acoplado a outros eletrodos chamados de potencial M e N.

Arranjo Dipolo-Dipolo

Este tipo de arranjo foi empregado com o objetivo de mapear variações laterais e verticais de resistividade ao longo de três linhas denominadas CE-01, CE-02, CE-03 e CE-04 correspondentes às figuras 14, 15, 16 e 17, respectivamente. As linhas foram locadas no terreno de acordo com estudos prévios e totalizaram 440 metros lineares de levantamento dipolo-dipolo. Em todas as linhas foi empregado espaçamento entre os eletrodos de corrente e de potencial de 10 metros, ou seja, $AB=MN=10m$ com 8 níveis teóricos de investigação em profundidade nas pseudoseções aparentes. A Tabela 1 foi elaborada para sintetizar os quantitativos.

Tabela 1 – Síntese da localização e comprimento do caminhamento elétrico (dipolo-dipolo).

Linhas dip-dip.	Comp. (m)	Coordenadas UTM do início e do final	N. Figura
CE-01	110	218533x7401484 a 218489x7401432	4
CE-02	110	218568x7401451 a 218521x7401401	5
CE-03	110	218607x7401390 a 218550x7401354	6
CE-04	110	218630x7401314 a 218570x7401295	7

A linha de Caminhamento Elétrico foi processada no software RES2DINV, apresentada sob a forma de seção distância x profundidade denominado modelo de inversão, gerado a partir dos dados medidos em campo

Os resultados descritivos das linhas serão discutidos e apresentados sob a forma de pseudoseções aparentes e seções verdadeiras de profundidade obtidas por inversão:

Caminhamento Elétrico CE-01: A seção de resistividade verdadeira ou real reflete camadas horizontalizadas e menos resistivas até a profundidade de aproximadamente 9 metros, o que pode indicar a presença da sucessão de camadas de resíduos e de sedimentos utilizados para recobrimento destes. Abaixo dos 9 metros, foi detectada uma camada bastante resistiva que provavelmente faça referência a uma camada de sedimentos argilosos litificados, reconhecidos quando da campanha de sondagem. As camadas superficiais foram designadas de cobertura condutiva e as mais profundas de embasamento resistivo.

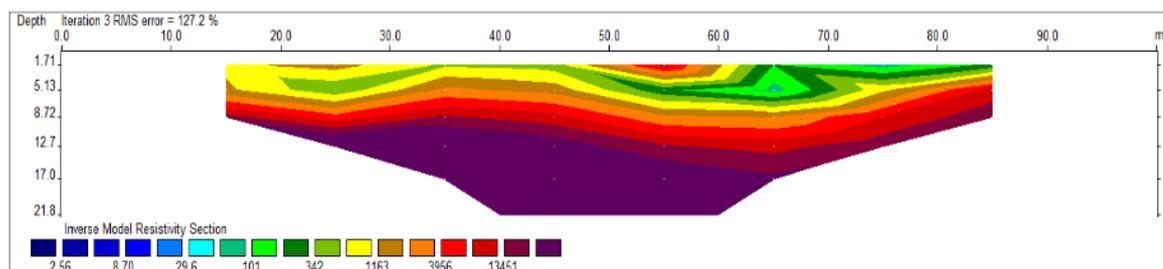


Figura 14 – Pseudo-seção referente ao caminhamento elétrico CE-01.

Caminhamento Elétrico CE-02: A seção CE-02 foi executada na porção centro norte do maciço de resíduos. Através da interpretação dos resultados observa-se que no início da pseudo-seção (porção nordeste do maciço), encontram-se camadas menos resistivas, que provavelmente dizem respeito ao pacote sedimentar superficial encontrado nas campanhas de sondagem, com alternância de camadas de resíduos. Estas camadas menos resistivas apresentam continuidade lateral, de acordo com a pseudo seção gerada, reforçando a hipótese de se tratar de solo para recobrimento do maciço de resíduo. Na porção central da pseudo-seção é observada uma porção mais resistiva, que pode dizer respeito ao pacote

argiloso litificado encontrado abaixo das camadas de resíduos, que ocorre abaixo dos 9 metros de profundidade.

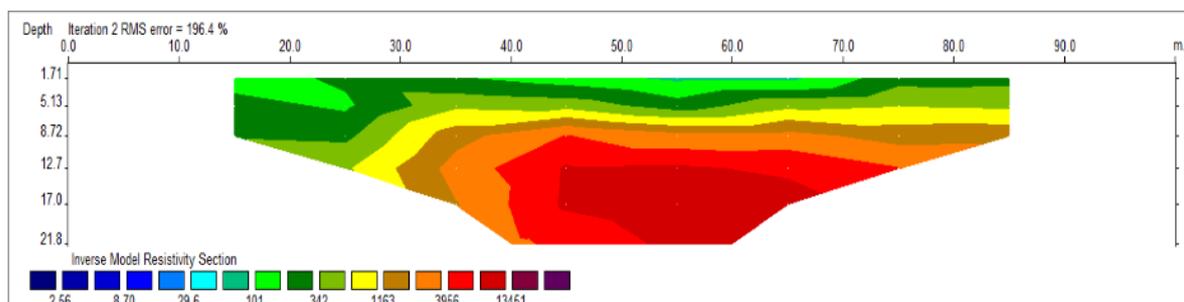


Figura 15 - Pseudo-seção referente ao caminhamento elétrico CE-02.

Caminhamento elétrico CE-03 – A seção CE-03 foi executada na porção centro sul do maciço de resíduos. Através da interpretação dos resultados observa-se na porção superior da seção ocorrem camadas menos resistivas até a profundidade de 5 metros, que pode configurar uma sucessão de camadas de sedimentos e resíduos. Na porção central desta pseudo-seção camadas muito resistivas estão presentes podendo fazer referência ao maciço de resíduos, que se estende até a profundidade de aproximadamente 20 metros e, abaixo ocorrem camadas menos resistivas novamente, podendo fazer alusão aos sedimentos que perfazem o substrato da região.

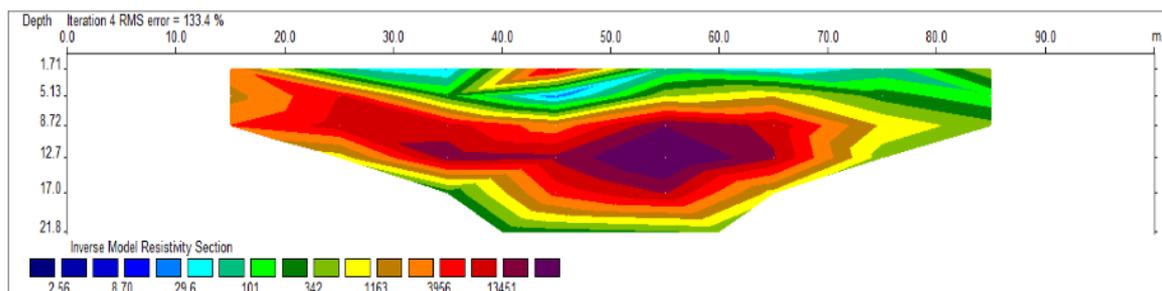


Figura 16 - Pseudo-seção referente ao caminhamento elétrico CE-03.

Caminhamento elétrico CE-04 – A pseudo-seção CE-04 foi executada na porção sul da área do vazadouro de resíduos. Na porção inicial da pseudo-seção observam-se camadas mais condutivas até uma profundidade de 8 metros. Na porção central, as camadas mais condutivas podem se referir a presença de chorume no maciço. Abaixo destas camadas

ocorrem camadas mais resistivas que podem dizer respeito ao pacote argiloso que compõe o substrato da região.

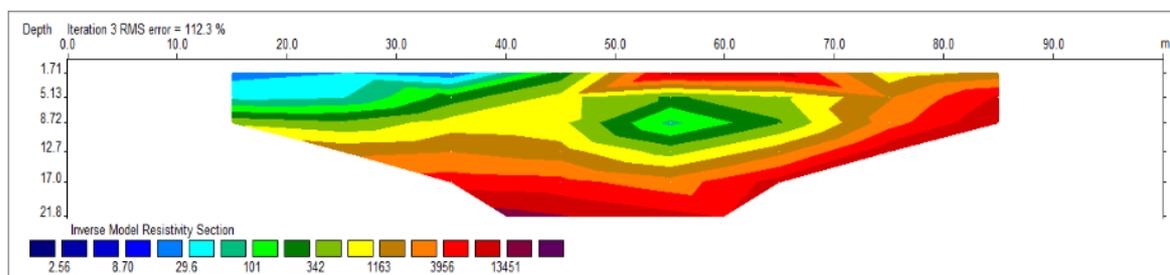


Figura 17 - Pseudo-seção referente ao caminhamento elétrico CE-04.



Figura 18 – Eletrorresistivímetro utilizado para o caminhamento elétrico.

Sondagens Elétricas Verticais - Arranjo Schlumberger

Este tipo de arranjo foi empregado como o objetivo de investigar a coluna geoeétrica, visando determinar as camadas pedo-litológicas e seu grau de saturação através de um modelo geoeétrico refinado pelo software de inversão IX1D.

Foram adquiridas 03 sondagens elétricas verticais distribuídas ao longo do eixo da drenagem na área, de acordo a Figura 11. Os resultados são apresentados sob a forma de gráficos e tabelas anexos a este relatório. Os gráficos expressam no eixo das abscissas a distância $AB/2$ em metros e no eixo das ordenadas a resistividade aparente ρ_a em $\Omega.m$. Sobre os dados de resistividade obtidos no campo são ajustados modelos de inversão, os quais tentam se aproximar ao máximo do dado adquirido, fornecendo as camadas geoeletricas.



Figura 19 – Execução do método de sondagem elétrica vertical – SEV na área de estudo do vazadouro de resíduos.

A interpretação das camadas geoeletricas deve ser respaldada pelo conhecimento geológico prévio, o que dá credibilidade ao parâmetro físico medido. A resistividade aparente representa um fenômeno regionalizado e, portanto dependente de outras variáveis e parâmetros que atuam dentro do sistema geológico amostrado pela técnica. Normalmente devem ser utilizados dados diretos obtidos por sondagens mecânicas com o objetivo de parametrizar as SEVs. Neste sentido foram utilizados dados de 5 sondagens de

reconhecimento ambiental, além de estudos bibliográficos (Braga & Malagutti Filho, 1997; Braga et al, 1999; Moura & Malagutti Filho, 2001; Oliva & Kiang, 2004).

As camadas geoeletricas são caracterizadas por números que expressam a realidade física do parâmetro medido da resistividade aparente no momento da aquisição dos dados. O intérprete deve levar em consideração, além das limitações da geofísica que é uma informação indireta, os parâmetros não controlados como composição do solo, grau de saturação, constituintes minerais, grau de fraturamento, alternância e tipos litológicos, os quais vão influenciar na morfologia e na interpretação das camadas geoeletricas.

Esses comentários generalizados vão apoiar a caracterização da morfologia e a interpretação final da resposta das SEVs de acordo com a realidade geológica encontrada na área. A seguir serão feitos comentários descritivos das SEVs, cujos gráficos estão mostrados a seguir:

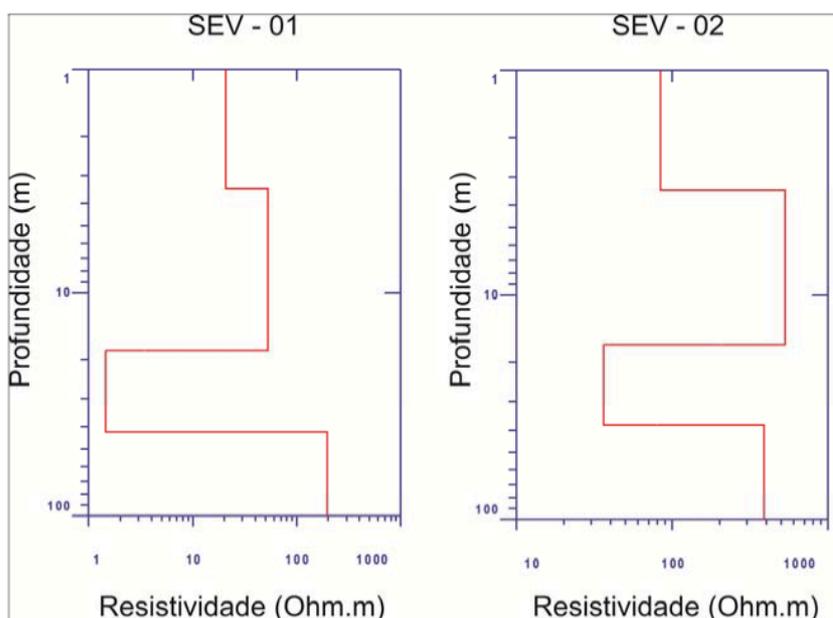


Figura 20 – Gráficos das SEVs realizadas.

As duas sondagens elétricas verticais (SEV's) foram realizadas ao longo do maior eixo da área de estudo, com o objetivo de se identificar camadas mais resistentes e condutivas, para delimitar o maciço de resíduos e também o nível de água. Ambos os ensaios foram executados paralelamente, sendo que a SEV-01 foi realizada numa cota superior ao da SEV-02.

Os ensaios das SEV's, expostos na Figura 20, mostram que até a profundidade de aproximadamente 3 a 4 metros ocorre uma camada de resistividade entre 11.000 e 12.000 Ohm.m, podendo ser considerado esta camada como uma alternância de solo de aterro mais resíduos. Abaixo desta camada, até a profundidade de aproximadamente 10 metros, ambos os gráficos exibem um aumento na resistividade, o que pode indicar a presença do maciço de lixo. Em seguida, em maior profundidade, na faixa entre 11 a 17 metros, a resistividade torna-se muito baixa, podendo indicar o nível de água. Na camada mais inferior, com profundidades que superam os 20 metros, a resistividade torna-se alta novamente, o que pode ser inferido como a camada de argilite cinza, identificado durante as campanhas de sondagens também realizadas na área.

9. RESULTADOS DA GEOFISICA

A aplicação conjunta dos arranjos geoelétricos empregados neste trabalho revelou-se satisfatório diante do objeto de estudo que é a definição da assinatura geofísica da área de estudo. A expectativa das informações aqui obtidas foi no sentido de agregar mais conhecimentos para o entendimento melhor dos compartimentos geológico-estruturais da área estudada, além de constituir acervo sobre o meio em foco, o qual servirá para um futuro monitoramento de eventuais vazamentos de plumas contaminantes, pois as assinaturas geofísicas também serão alteradas.

O arranjo dipolo-dipolo permitiu uma investigação horizontal mais detalhada, enquanto as SEVs avaliaram mais a estratificação vertical. Neste sentido, o primeiro arranjo é mais sensível na identificação de descontinuidades geoeletricas e dos contrastes laterais e verticais amostrados pelo método geofísico, os quais podem corresponder a zonas de falha e/ou fraturas e estratos de solos arenosos, siltosos e argilosos da parte da cobertura. A principal contribuição do arranjo dipolo-dipolo foi a identificação de horizontes resistivos e condutivos. Os resistivos podem corresponder a solos e rochas compactos e maciços, enquanto os condutivos devem ser resposta de solos saturados, ou rocha sã fraturada com percolação de água.

As SEVs permitiram separar em camadas geoeletricas quando a análise é individual e quando a análise é integrada correlacionar os valores resistivimétricos e a morfologia das SEVs agrupadas em conjunto. As SEVs identificaram as camadas superficiais que geralmente são mais resistivas nos primeiros centímetros, caracterizando um solo compacto e não saturado, invertendo esta condição em profundidade até alcançar os horizontes saturados e novamente os estratos mais resistivos, corroborando com os caminhamentos elétricos.

Finalmente, sugere-se que os resultados aqui obtidos sejam confrontados com outras informações derivadas de técnicas diretas, retroalimentados e redirecionados no entendimento melhor da geologia e geotecnia da área pesquisada pela técnica geofísica indireta.

10. TOPOGRAFIA

Efetuamos concomitantemente o levantamento topográfico da área, adotando-se coordenadas geodésicas e curvas de nível de metro em metro, cuja cópia encontra-se no anexo deste relatório.



Figura 21 – Utilização do GPS Geodésico para realização do levantamento planialtimétrico cadastral.

Sobre a topografia foram locadas as sondagens necessárias para se traçar o perfil do solo, onde deverá ser denotado o início da camada de lixo e o início do solo natural, fornecendo dados quantitativos de lixo no local, também nivelados os pontos de aberturas dos poços de monitoramento de água subterrânea e medições de gases.

Os trabalhos prosseguiram com a locação dos furos de sondagem demarcados com a cravação de um piquete de madeira, devidamente identificado, servindo de referência de nível para a execução da sondagem e posterior determinação de cota através de nivelamento topográfico.

O nivelamento topográfico serviu para determinação da carga hidráulica nos poços de monitoramento visando a caracterização hidrogeológica no local.



Figura 22 – Utilização de Estação Total para nivelamento topográfico.

Para continuidade dos serviços com a locação da malha de screening e sondagem de reconhecimento foram locadas as sondagens necessárias para se traçar o perfil do solo, onde deverá ser denotado o início da camada de lixo e o início do solo natural, fornecendo dados quantitativos de lixo no local.

11. SONDAGEM DE RECONHECIMENTO AMBIENTAL

Para desenvolvimento do projeto conceitual da área no período de 01 a 04 de abril de 2014, foram executadas sondagens de reconhecimento ambiental servindo para definição dos procedimentos a serem adotados para execução da investigação confirmatória.

Os serviços de reconhecimento do maciço de resíduos foram iniciados com a aplicação da sondagem através do trado manual, distribuídos ao longo da área para determinação da camada de resíduos no local.

A perfuração a trado manual é realizada através da introdução e rotação manual do conjunto acoplado às hastes de curta extensão. O trado é então retirado do furo e a amostra deformada do solo é retirada com uma ferramenta apropriada.

O processo é repetido até que a profundidade requerida seja atingida ou não haja mais recuperação do material perfurado. Hastes são adicionadas e presas ao trado conforme a perfuração prossegue. O sucesso da perfuração a trado manual depende da manutenção do furo aberto. Normalmente há o desmoronamento das paredes do furo quando a perfuração é executada em solo saturado. Portanto, a perfuração a trado pode ser limitada em solos saturados.

As perfurações com trados manuais permitem a observação do perfil de subsuperfície e a coleta das amostras em profundidades preestabelecidas. Para este uso o trado foi utilizado para verificação e determinação da massa de resíduos no solo, sendo realizado em 30 (trinta) furos de sondagem.



Figura 23 – Início dos serviços de sondagem de reconhecimento no local.



Figura 24 – Execução dos serviços de sondagem a trado para reconhecimento do maciço de resíduos.

12. RESULTADOS DA RELEVANCIA DE RESÍDUOS

O volume de resíduos foi calculado através das coordenadas dos pontos adicionados a profundidade do maciço, com a utilização do software TopoEVN possibilitou o cálculo do volume em m³ e a geração do modelo digital 3D. A seguir visualização do modelo e volume gerado.

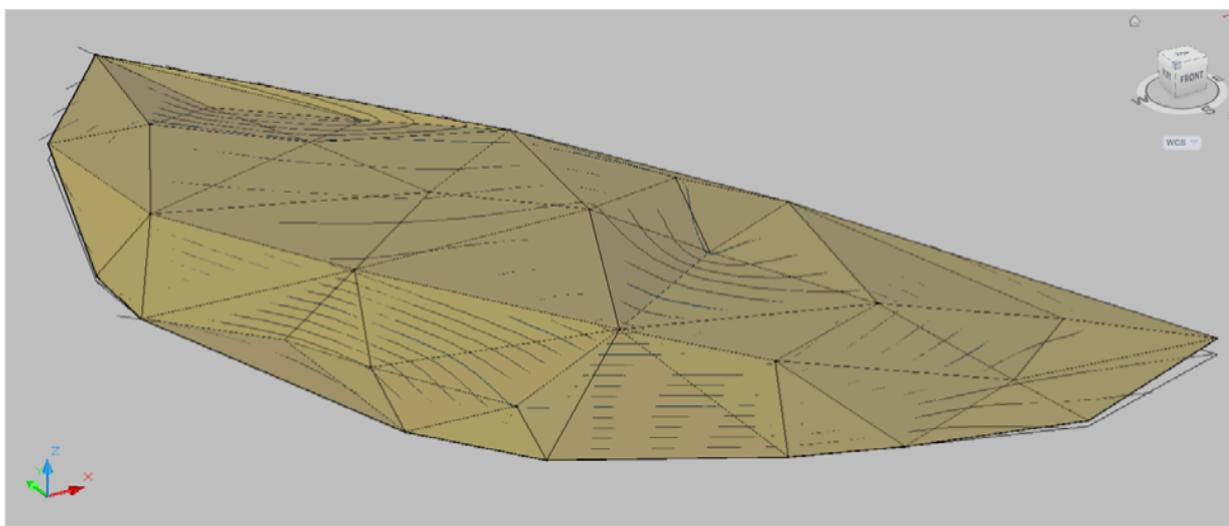


Figura 25 – Visualiza-se o modelo digital do maciço de resíduos gerados através da cubagem.

A espessura média de resíduo varia entre 0,60 e 9,35 metros, sob uma área de aproximadamente 21.772,0 m². Pelos resultados obtidos, o volume provável total é de 129.148,40 m³ de resíduos na área investigada. Vale ressaltar que foi observado em um único maciço de resíduo.

Vale ressaltar que esta reserva poderá sofrer modificações devido à limitação da malha de sondagem ao centro da área e nos locais com alta resistividade observada na geofísica, sendo que nestes locais poderá sofrer prováveis variações em sua volumetria.

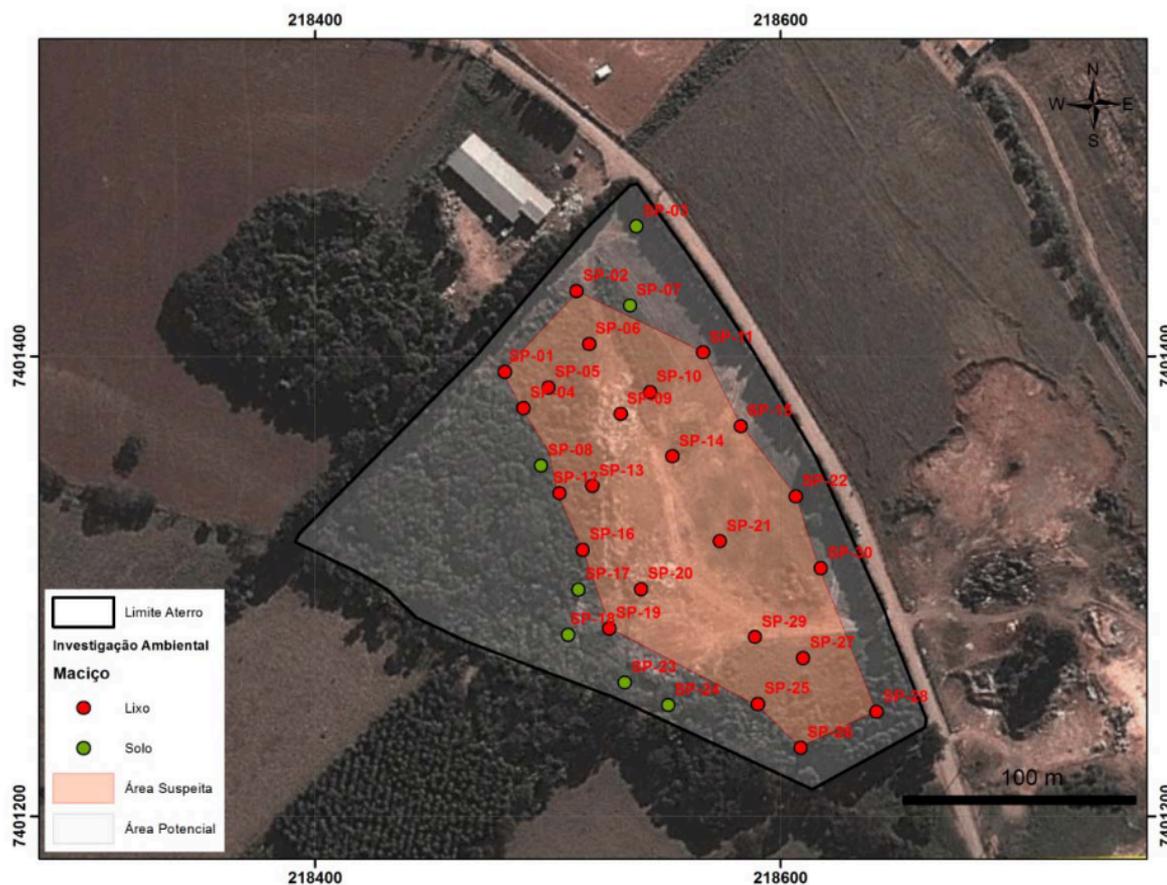


Figura 26 – Mapa de situa o do antigo lixão. Os locais suspeitos encontram-se no centro da área na concentra o de resíduos sólidos.

Os pontos em vermelho delimitam o maciço de resíduos determinado pelas sondagens de reconhecimento. Estes pontos vermelhos e verdes correspondem a 30 (trinta) furos de sondagem de reconhecimento ambiental conforme ABNT NBR 15492/2007: Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento, realizado no período de 01 a 04 de abril de 2014. Ressaltamos que os pontos em verdes não atingiram qualquer resíduo até a profundidade de 3,0 metros.

13. MODELO CONCEITUAL

Através dessa avaliação permitiu a elaboração de um modelo conceitual inicial visando uma identificação dos seus cenários no meio físico através das vias de ingresso pelos caminhos de exposição, sendo adotados como meios de exposição ar, solo e águas. A presença de receptores é caracterizada por trabalhadores adultos no empreendimento e no entorno da área, O fluxograma a seguir apresenta a definição do modelo de acordo com as informações obtidas nessa avaliação preliminar.

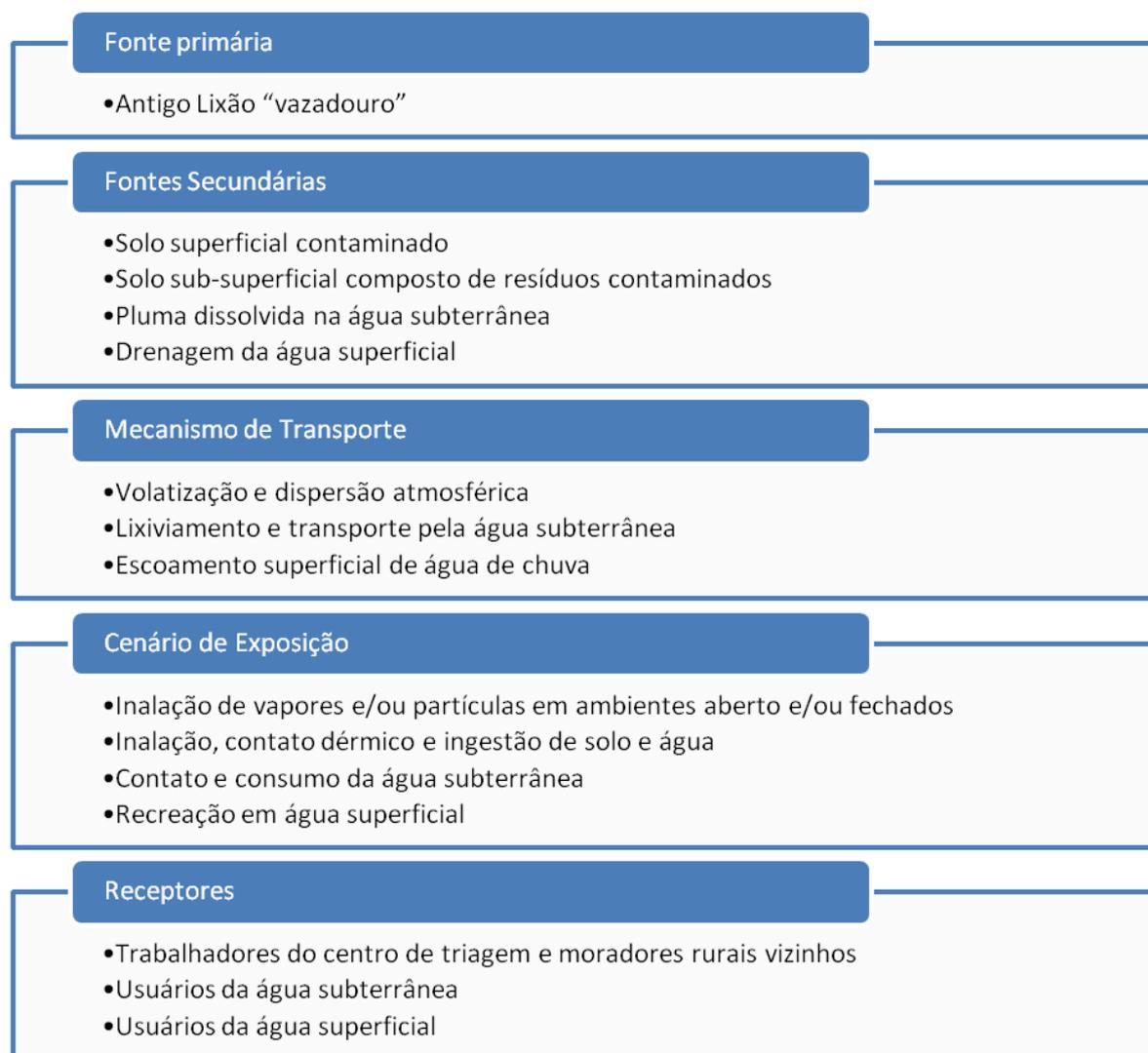


Figura 27 – Fluxograma do Modelo Conceitual.