INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Ministério da Educação

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA DO LIXÃO DE SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA - RJ

Claudio Wagner Sales

Campos dos Goytacazes, RJ
2011

Claudio Wagner Sales

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA DO LIXÃO DE SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA - RJ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, Modalidade Profissional, linha de pesquisa: Promoção da Sustentabilidade Regional.
Orientador: Professor D. Sc. Luiz Pinedo Quinto Júnior
Co-orientador: Professor D. Sc. Vicente de Paulo Santos de Oliveira

Campos dos Goytacazes, RJ
2011

Dissertação intitulada Avaliação da Contaminação do Solo e da Água Subterrânea na Área do lixão de São Francisco de Itabapoana, elaborada por Claudio Wagner Sales e apresentada publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, na área de concentração Desenvolvimento e Sustentabilidade, linha de pesquisa Promoção da Sustentabilidade Regional, do Instituto Federal Fluminense.

Aprovada em ____/____/_____

Banca Examinadora:

.....
Prof. Luiz de Pinedo Quinto Júnior D. Sc. em Arquitetura e Urbanismo pela FAU – USP – Prof. do IFF - Orientador

.....
Prof. Vicente de Paulo Santos de Oliveira D. Sc. em Engenharia Agrícola pela UFV – Prof. do IFF – Co-orientador

.....
Prof. Paulo Pedrosa D. Sc. em Biociências e Biotecnologia pela UENF – Prof. da UENF

Dedico este trabalho à minha mãe, Maria Lúcia de Barros Sales, por me ensinar que as adversidades são inerentes à vida e que a melhor maneira de superá-las é enfrentando-as.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por tudo que tem feito em minha vida e pela oportunidade de concluir mais este importante projeto.

Aos meus filhos, Nathalia e Daniel, por me amarem e torcerem por mim, mesmo estando ausente.

Aos meus irmãos que mesmo distantes me incentivaram durante este projeto.

À minha esposa Otávia, pela compreensão, carinho e completo apoio em todos os momentos de necessidade.

Ao meu irmão Renato Quintas por me aceitar como tal, mesmo não possuindo laços de sangue.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental.

Aos Prof[s]. Elza Senra, Luiz Pinedo e Vicente de Paulo por terem se mostrado disponíveis nos momentos cruciais e por me apoiarem em todos os momentos.

À GEOAVALIAR, Empresa de Análises e Consultoria Ambiental e às Indústrias Nucleares do Brasil S.A. por darem total apoio técnico e logístico à nossa pesquisa.

Aos meus amigos e amigas por me apoiarem nos momentos em que eu mais precisava, mesmo não concordando com minhas idéias, estavam sempre ao meu lado.

“Nós precisamos ser a mudança que nós queremos ver no mundo”.

Mahatma Gandhi

RESUMO

Um dos grandes problemas da maioria dos pequenos municípios brasileiros é a destinação final dos resíduos sólidos urbanos, sua disposição inadequada coloca em risco o solo e as águas subterrâneas. Em São Francisco de Itabapoana não é diferente, a grande extensão territorial e o grande número de localidades tornam o serviço de coleta e limpeza urbana extremamente complexa e em alguns casos, ineficiente. O lixo coletado era depositado em uma área próximo à Alegria dos Anjos sem nenhuma preparação capaz de minimizar o risco de contaminação ambiental. O objetivo deste trabalho foi avaliação da possível contaminação do solo e das águas subterrâneas na área de influência do lixão, através de campanhas de amostragem e ensaios de laboratório. Uma revisão das informações pré-existentes sobre as características físicas do local e do processo de coleta e disposição dos resíduos sólidos realizado pelo município ajudaram na decisão de quais técnicas seriam mais adequadas. O desenvolvimento de poços de monitoramento possibilitou a constatação de que o solo argilo-siltosos de baixa permeabilidade protegeu os recursos hídricos subterrâneos da contaminação por percolação do chorume. Os resultados obtidos confirmaram a contaminação do solo e, até o final deste trabalho não constatou a influência do lixão na qualidade das águas subterrâneas.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos; contaminação; solo; águas subterrâneas.

ABSTRACT

EVALUATION OF SOIL AND GROUNDWATER CONTAMINATION IN THE AREA OF WASTE DISPOSAL IN THE SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA - RJ

Claudio Wagner Sales

August/2011

Advisor: Luiz de Pinedo Quintos Júnior D. Sc.
Co-advisor: Vicente de Paulo Santos de Oliveira D. Sc.

Research line: Promotion of the Regional Sustainability.

The major problem of most small towns is the disposal of municipal solid refuse, the improper disposal put in dangers the soil and the groundwater. In San Francisco de Itabapoana its not different from the large territorial extension towards the large number of locations all this make the collection service and street cleaning extremely difficult and in some cases, inefficient. The collected refuse was deposited in an area close to the Alegria dos Anjos with no preparation capable of minimize the risk of environmental contamination. The objective of this study was evaluation of the possible contamination of soil and groundwater in the area of influence of the landfill, through campaigns of sampling and laboratory testing. A review of pre-existing information about the physical characteristics of the place and the process of collection and disposal of solid refuse accomplished by the city helped in deciding which techniques would be most appropriate. The development of monitoring wells led to the verification that the silty-clay soil of low permeability protect the groundwater resources from contamination by percolation of leachate. The results confirmed the contamination of soil and by the end of this study did not found influence of the garbage dump in groundwater quality.

Key Words: groundwater, environmental contamination, soil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 23
Composição gravimétrica média do lixo urbano no Brasil

Figura 2 25
São Francisco de Itabapoana - RJ

Figura 3 26
Visão parcial das regiões hidrográficas IX e X

Figura 4 27
Área do lixão em Alegria dos Anjos

Figura 5 28
Célula de descarte de lixo 1 (CI)

Figura 6 28
Célula de descarte de lixo 2 (CII)

Figura 7 28
Célula de descarte de lixo 3 (CIII)

Figura 8 28
Célula de descarte de lixo 4 (IV)

Figura 9 29
Localização das Bacias Hidrográficas do Entorno da Mata do Carvão

Figura 10 30
Zonas agroecológicas

Figura 11 31
Planta topográfica

Figura 12 33
Geologia da BHMC

Figura 13 42
pHmetro

Figura 14 42
Espectrofotômetro

Figura 15 43
Medidor de nível d'água

Figura 16 44
Bomba Peristáltica Provitec

Figura 17 45
Localização dos poços de monitoramento e pontos de amostragem do solo

Figura 18 47
Coleta de amostras de solo

Figura 19 47
Coleta de amostras de solo

Figura 20 47
Coleta de amostras de solo

Figura 21 47
Coleta de amostras de solo

Figura 22 49
Perfuração dos poços

Figura 23 49
Perfuração dos poços

Figura 24 49
Perfuração dos poços

Figura 25 48
Esquema de um poço de monitoramento

Figura 26 54
pH do solo

Figura 27 55
Teores de cobre

Figura 28 56
Teores de zinco

Figura 29 58
pH nas águas subterrâneas

Figura 30 59
Cloretos

Figura 31 59
Sódio

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 20
Disposição final dos resíduos urbanos

Tabela 2 23
Composição gravimétrica do lixo urbano em algumas cidades

Tabela 3 46
Dados sobre localização do lixão e pontos relevantes

Tabela 4 51
Rota dos caminhões de lixo em S.F.I.

Tabela 5 52
Caracterização do lixo encontrado no lixão de S.F.I

Tabela 6 53
Origem dos íons encontrados no chorume

Tabela 7 53
Resultado das análises de solo

Tabela 8 57
Nível estático

Tabela 9 59
Análises físico-químicas

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

S.F.I. – São Francisco de Itabapoana

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

BHMC – Bacias hidrográficas do Entorno da Mata do Carvão

IBGE – Instituto Brasileiro

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

PM – Poço de Monitoramento

AMSC – Amostra de Solo Composta

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

NBR – Norma Brasileira

ANA – Agência Nacional das Àguas

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

INB – Indústrias Nucleares do Brasil S.A.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS 9

LISTA DE TABELAS 11

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS 12

1 – INTRODUÇÃO 15

2 – REVISÃO DA LITERATURA 18
2.1 – São Francisco de Itabapoana 24
2.1.1 – Caracterização geral das BHMC 29
2.1.2 – Tabuleiros 30
2.1.3 – Geologia 32
2.2 – Amostragem 35
2.2.1 – Amostragem do solo 35
2.2.1.1 – Distribuição dos pontos de amostragem 36
2.2.1.2 – Número de pontos de amostragem 36
2.2.1.3 – Quantidade de amostra necessária – tamanho da amostra 36
2.2.1.4 – Profundidade da amostragem 36
2.2.1.5 – Amostras simples e compostas 36
2.2.1.6 – Técnicas e equipamentos de amostragem 37
2.2.2 – Amostragem das águas subterrâneas 37
2.3 – Requisitos legais 38

3 – MATERIAL 42

4 – MÉTODO 46

5 – RESULTADO E DISCUSSÃO 51
5.1 – O lixo em São Francisco de Itabapoana 51
5.2 – Solo 52
5.2.1 – pH do solo 54
5.2.2 – Cobre 55
5.2.3 – Zinco 56
5.2.4 – Fósforo 56
5.3 – águas subterrâneas 57
5.3.1 – Nível d'água 57
5.3.2 – pH das águas subterrâneas 57
5.3.3 – Cloreto 58
5.3.4 – Sódio 59

6 – CONCLUSÃO 61

7 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 65

8 – ANEXOS 68

Anexo 1 – Método de amostragem de solo AGRILAB 69
Boletim de análise INB 71
Boletim de análise AGRILAB 72

Anexo 2 – Dados sobre as águas subterrâneas 73
Metodologia para coleta de água INB 74
Boletim de análises INB 76
Boletim de análises GEOAVALIAR 82
Histórico da construção dos poços de monitoramento 98

1 – INTRODUÇÃO

A utilização do solo como depósito de lixo e outras substâncias nocivas descartadas, foi por muito tempo, prática comum. Quando os primeiros humanos surgiram com sua maneira extrativista de apropriação da natureza, retirando tudo o que necessitavam de uma determinada área e, no momento em que aquela região não conseguia mais atender suas necessidades partiam, deixando para trás todos os impactos causados por sua permanência naquele local. Dessa forma a natureza se recuperava, pois existia tempo e poucos seres humanos. Daí surgiu a falsa concepção de que o solo tinha capacidade de se recuperar dos impactos causados pela poluição. Assim, o lixo urbano, um dos maiores problemas na administração de uma cidade, vem sendo depositado de maneira inadequada em áreas sem qualquer controle que possam minimizar a contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Em se tratando de problemas referentes ao lixo, o que mais chama atenção é a deficiência dos serviços de coleta de resíduos domiciliares e em alguns casos, a ausência pura e simples da coleta. Os resíduos gerados e não coletados são depositados em terrenos baldios, nos quintais e córregos, conhecidos como ponto de risco pela ploriferação do habitat ideal para macro e micro vetores. Quando coletados, o destino dado ao lixo são depósitos sem qualquer controle, a população fica exposta e o impacto mais freqüente é a contaminação do aquífero freático. Outro problema identificado se refere aos resíduos hospitalares que são manipulados, acondicionados e transportados de forma inadequada, tornando-se assim um perigo para quem fica em contato com o resíduo.

Nos últimos anos, um das principais preocupações das administrações públicas está diretamente ligada à questão da disposição final dos resíduos sólidos urbanos. A

alternativa mais ambientalmente correta seria a construção de aterros sanitários com um prévio tratamento dos resíduos, visando aumentar a vida útil do aterro, mas essa opção não é utilizada por boa parte dos municípios brasileiros.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, segundo as Grandes Regiões, Unidades da Federação, Regiões Metropolitanas e Municípios das Capitais, (IBGE, 2000), no Brasil são coletados diariamente 228.413 toneladas por dia de lixo e, deste total, 48.554 t têm como destino final vazadouros a céu aberto (lixões). Segundo a mesma pesquisa, no Estado do Rio de Janeiro são coletados 17.447 t sendo que 4.845 t são dispostos em vazadouros a céu aberto.

Na cidade de São Francisco de Itabapoana, há muitos anos o resíduo urbano foi depositado em uma área próximo à localidade de Alegria dos Anjos. No local, segundo informações da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, eram depositados diariamente 30 t de resíduos sólidos. A área do lixão não possuía preparação alguma para receber o lixo, com isso, o chorume que foi produzido a partir da decomposição da matéria orgânica contida, pode ter causado poluição do solo e das águas subterrâneas.

A contaminação do solo e das águas subterrâneas tem sido foco de grande preocupação nos últimos anos. Dos nove municípios que fazem parte da região norte fluminense apenas Macaé possui uma unidade de destinação final de lixo licenciada, os demais depositam o lixo coletado em aterros ainda em licenciamento ou em vazadouros a céu aberto, os famosos lixões. (IBGE, 2000).

A Constituição Federal do Brasil de 1988 estabelece os princípios da política nacional do meio ambiente. No capítulo VI ("Do Meio Ambiente"), Artigo 225, é colocado o princípio: "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para a presente e futuras

gerações.

O solo e a água subterrânea na região do lixão de São Francisco de Itabapoana são recursos de fundamental importância para uso atual e futuro pela comunidade levando em consideração que o município não possui água tratada adequadamente para atender toda a extensão do seu território. O lixo depositado no solo sem qualquer dispositivo para conter os possíveis contaminantes, constitui ameaça à saúde pública e agrava a degradação ambiental, comprometendo a qualidade de vida das populações.

> "O encaminhamento de soluções para essas áreas contaminadas por parte dos órgãos que possuem a atribuição de administrar os problemas ambientais, deve contemplar um conjunto de medidas que assegurem tanto o conhecimento de suas características e dos impactos por elas causadas quanto da criação e aplicação de instrumentos necessários à tomada de decisão e às formas e níveis de intervenção mais adequados, sempre com o objetivo de minimizar os riscos à população e ao ambiente decorrente da existência das mesmas." (Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. 0010. CETESB, 2001)

2 – REVISÃO DE LITERATURA

O modelo capitalista de acumulação, onde o novo dá lugar ao moderno faz com que o ser humano, no processo produtivo, se aproprie da natureza para produzir cada vez mais e, segundo NUNES (2008, p 41):

> "Esta busca incessante de recursos materiais ocasiona uma ampliação na produção de mercadorias, exigindo do mercado a criação de novos produtos que satisfaçam as necessidades da sociedade do descartável. O surgimento de novas demandas faz com que o antigo vire sinônimo de velho e antiquado e, portanto, deve ser descartado. Essa visão levou à criação de dita lógica da modernidade, a qual terminou gerando o problema da ampliação da produção de resíduos líquidos, gasosos e, principalmente, sólidos."

Alguns conceitos têm bastante relevância e merecem ser destacados quando o tema poluição ambiental é abordado. A apropriação de forma irregular da natureza, sem prévio conhecimento dos fatores que a regula, causa sérios problemas sócio-ambientais e a utilização de áreas impróprias para descarte de resíduos sólidos pode gerar contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas. E, segundo a CETESB (2001),

> "uma área contaminada pode ser definida como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural."

Das maneiras utilizadas para disposição dos resíduos sólidos, podemos destacar três formas bastante difundidas em nossos municípios, o aterro sanitário, o aterro controlado e o lixão ou vazadouro. Aterro Sanitário é um sistema integrado (local e procedimentos) projetado para receber e tratar o lixo urbano, com base em estudos de engenharia, para reduzir ao máximo os impactos causados ao meio ambiente. Atualmente é uma das técnicas mais seguras e de mais baixo custo. Preferencialmente

deve possuir uma vida útil superior a 10 anos, prevendo-se ainda seu monitoramento por alguns anos após sua desativação.

No processo de decomposição dos resíduos sólidos, ocorre a liberação de gases e líquidos (chorume ou percolado) muito poluentes, o que leva um projeto de aterro sanitário a exigir cuidados como impermeabilização do solo, implantação de sistemas de drenagem eficazes, entre outros, evitando uma possível contaminação da água, do solo e do ar.

Aterro controlado é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

Esta forma de disposição produz, em geral, poluição localizada, pois similarmente ao aterro sanitário, a extensão da área de disposição é minimizada. Porém, geralmente não dispõe de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem sistemas de tratamento de chorume ou de dispersão dos gases gerados. Este método é preferível ao lixão, mas, devido aos problemas ambientais que causa e aos seus custos de operação, a qualidade é inferior ao aterro sanitário.

E, por fim, lixão ou vazadouro que é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga do lixo sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. O mesmo que descarga de resíduos a céu aberto. No Lixão ou vazadouro não existe nenhum controle quanto aos tipos de resíduos depositados e quanto ao local de disposição dos mesmos. Em alguns casos, resíduos domiciliares e comerciais de baixa periculosidade são depositados juntamente com os industriais e hospitalares, de alto poder poluidor.

Nos lixões pode haver outros problemas associados quando depositados de forma inadequada, como por exemplo, a presença de animais domésticos (inclusive a criação de porcos), a presença de catadores (que na maioria dos casos residem no local), a disseminação de roedores e insetos, vetores de agentes biológicos, que se multiplicam pela facilidade em encontrar alimento e abrigo, além de riscos de incêndios causados pelos gases gerados pela decomposição dos resíduos e de escorregamentos, quando da formação de pilhas muito íngremes, sem critérios técnicos. Além do aspecto da poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas, SILVA (2008) afirma que:

> "A deterioração do lixo e a má disposição dos resíduos em lixões ou aterros emitem vários gases, como exemplo o metano. A emissão desse poderoso gás causador do efeito estufa causa um bolsão de calor na cidade e contribui para o aquecimento global. A geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos tem a vantagem de prover energia elétrica e de resolver o problema de emissões de metano decorrentes da decomposição natural do lixo."

Diversas cidades possuem políticas para o enfrentamento dos problemas relacionados à disposição final dos resíduos urbanos. Podemos perceber, através dos resultados obtidos pelo IBGE através da PNSB (Pesquisa Nacional de Saneamento Básico), que existe uma evolução na melhoria do tratamento dado aos resíduos urbanos. A tabela 1 mostra essa evolução.

Tabela 1. Disposição final dos resíduos urbanos

Destino	**PNSB 1989**	**PNSB 2000**	**PNSB 2008**
Vazadouros a céu aberto	88,2%	72,3%	50,8%
Aterros controlados	9,6%	22,3%	22,5%
Aterros sanitários	1,1%	17,3%	27,7%

Fonte: IBGE, PNSB 2008.

Apesar de toda essa evolução muitos municípios ainda depositam seu lixo de forma inadequada no solo, a céu aberto, acarretando diversos problemas à saúde pública, poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

Segundo a Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro (2009), os

noventa e dois municípios de Estado produzem cerca de 17.000 ton./dia de resíduos e que desses municípios 12 possuem aterros sanitários licenciados (LO/LI), são eles: Angra dos Reis, Barra do Piraí, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Maricá, Miracema, Natividade, Niterói, Nova Friburgo, Paty dos Alferes, Porciúncula, Resende, Rio Bonito, Rio das Flores e Teresópolis; sete aterros sanitários em licenciamento: Campos dos Goytacazes, Itaboraí, Itaperuna, Miguel Pereira, Niterói, Seropédica e Vassouras; 10 unidades de triagem e compostagem em fase de implantação; 57 unidades de triagem e compostagem implantadas, sendo que 35 unidades operando normalmente e 62 vazadouros (lixão), sendo 48 operacionais.

Em São Francisco de Itabapoana a área pesquisada era utilizada exclusivamente para descarte de resíduos sólidos que, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10.004 (1987), são:

> "Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível".

Os resíduos sólidos são classificados de acordo com a sua fonte geradora, a características das substâncias constituintes e os impactos que causam à saúde e ao meio ambiente. Esses podem ser divididos (ABNT, 2004) em:

· Classe I (perigosos): Possuem potencial risco a saúde pública e ao meio ambiente. Apresentam uma ou mais características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;

· Classe II (não perigosos) divididos em:

-Classe IIA (não inertes): São os que não se enquadram nas classificações de resíduos

classe I ou IIB. Podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;

-Classe IIB (inertes). São quaisquer resíduos não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Os resíduos sólidos também recebem outras classificações, de acordo com a natureza da composição química, orgânicos ou inorgânicos, urbano ou rural, e a atividade que o originou, lixo domiciliar, comercial, público, hospitalar, industrial, agrícola, de construções e obras, especiais, dentre outros geradores.

VELOSO (2006) enfatiza também que nem sempre os resíduos são descartados segundo sua classificação. Frequentemente, substâncias consideradas perigosas, tais como tintas, solventes, óleo lubrificante, fluidos de freio, baterias, pilhas, lâmpadas fluorescentes, herbicidas entre outros são encontradas juntas aos resíduos domésticos. Segundo MONDELLI (2008) cada vez mais pesquisadores direcionam seus estudos para os locais onde há disposição de resíduos sólidos, por serem uma enorme fonte de contaminação do solo, da água e do ar, "podendo causar consequências adversas ao Meio Ambiente e à Saúde Pública."

Entende-se como lixo urbano, aquele gerado nas residências, comércios e serviços públicos como a varrição de ruas, praças, parques e praias, sendo assim, a composição do lixo de uma cidade varia muito em relação a outras e isso se deve às características da população residente, como o grau de instrução e seu poder aquisitivo. Segundo NETO (2007), "um parâmetro que bem expressa a característica do lixo é sua composição gravimétrica, significando o peso e o valor percentual de cada componente da massa do lixo". Essa variação na característica do lixo é melhor entendida observando-se a tabela 2, e a composição média do resíduo urbano no Brasil é mostrado

na figura 1.

Tabela 2 – Composição gravimétrica do lixo urbano em algumas cidades do Brasil.

Produtos do lixo	São Tiago (MG)	Montanha (ES)	Sairé (PE)	Nossa Sª. do Socorro (SE)	General Carneiro (PR)	Belo Horizonte (MG)	Média
Papel e papelão	14,21	10,90	10,28	12,64	10,84	12,50	11,89
Plástico duro	4,82	3,59	2,72	2,51	3,79	2,50	3,32
Plástico fino	1,47	1,86	1,26	1,50	4,73	2,80	2,27
Latas de aço	1,88	1,85	2,22	2,45	4,96	-	2,23
Metais diversos	0,85	1,00	-	0,60	1,13	2,70	1,05
Vidros	2,60	1,44	1,52	0,72	2,33	1,20	1,64
Borracha	0,68	0,21	-	0,12	0,45	0,40	0,31
Madeiras	0,79	1,98	1,74	0,36	1,18	0,60	1,11
Couro	2,00	-	0,22	-	0,33	0,20	0,46
Trapos	1,39	0,55	2,22	1,51	2,88	1,30	1,64
Louças	-	-	0,30	-	0,38	-	0,11
Matéria orgânica	56,04	63,77	63,45	63,84	56,02	64,4	61,23
Outros	13,27	12,85	14,07	13,75	10,98	11,50	12,74

Fonte: NETO 2007

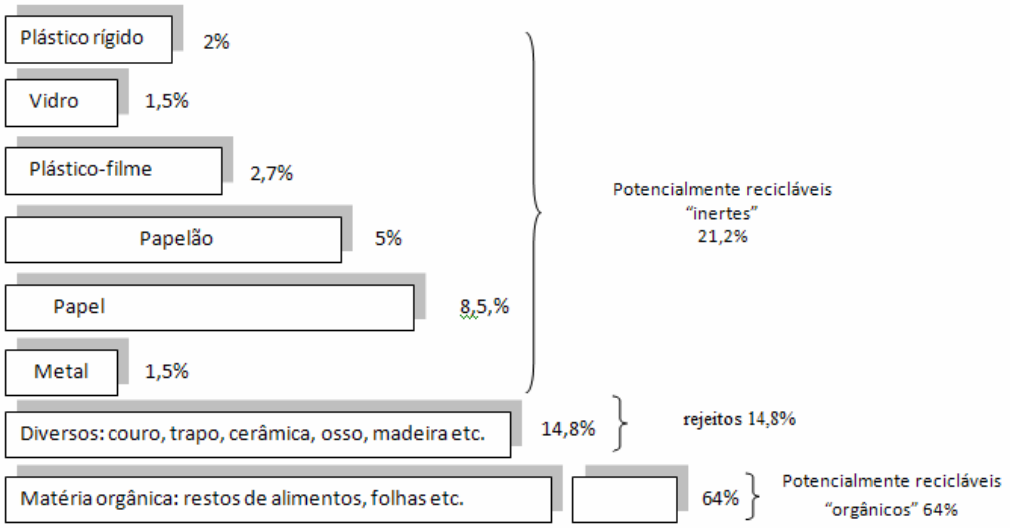


Figura 1: Composição gravimétrica média do lixo urbano no Brasil. (Modificado de NETO 2007)

2.1 – São Francisco de Itabapoana

O município de São Francisco de Itabapoana (figura 2) situa-se na região norte do Estado do Rio de Janeiro. Com uma área territorial de 1.110 km², é o segundo maior município do Estado do Rio de Janeiro em extensão territorial, e população aproximada de 41 mil habitantes (IBGE, 2010), o município tem nos seu limite setentrional e meridional os rios Itabapoana e Paraíba do Sul, respectivamente. O rio Itabapoana separa São Francisco do vizinho estado do Espírito Santo e o rio Paraíba do Sul, do município de São João da Barra, do qual São Francisco se emancipou em meados dos anos 1990. Segundo o Diagnóstico do Meio Físico das Bacias Hidrográficas do Entorno da Mata do Carvão (FIDALGOE, 2005), "o clima da região é considerado como tropical chuvoso e no período de menor incidência de chuva (jul/ago/set) as médias pluviométricas são inferiores a 60 mm, com temperatura média superior à 24ºC".

Sua economia é basicamente dependente da agropecuária e pesca artesanal, com forte presença da exploração em caráter familiar com baixa inversão tecnológica. Além da agropecuária e pesca, o município conta com uma exploração de areias monazíticas pelas indústrias nucleares brasileiras, duas pequenas indústrias de engarrafamento de suco de maracujá e pequenos estaleiros para a construção de embarcações pesqueiras de madeira além de algumas bolandeiras (indústria rústica de farinha de mandioca) e produções caseiras de doces e goiabadas. Recentemente (2010) um parque gerador de energia eólica, com 17 torres, está sendo finalizado na localidade de Gargaú, e outros parques estão previstos, pois na região há forte ocorrência de ventos. De acordo com o Diagnóstico do Meio Físico das Bacias Hidrográficas do Entorno da Mata do Carvão, um dado importante a ser considerado para a implantação dos parques eólicos é a velocidade do vento com média anual, a uma altura de 50 metros, superior a 6,0 m/s

podendo atingir 9,5 m/s com predominância do sentido nordeste. Um dos fatores que favorece a formação dos ventos é a forte influência das correntes dos anticiclones subtropicais que se formam no Atlântico e se dividem na altura da linha do Equador, além das correntes marítimas polares que causam diferenças de pressão, colaborando ainda mais para o aumento do fluxo dos ventos.

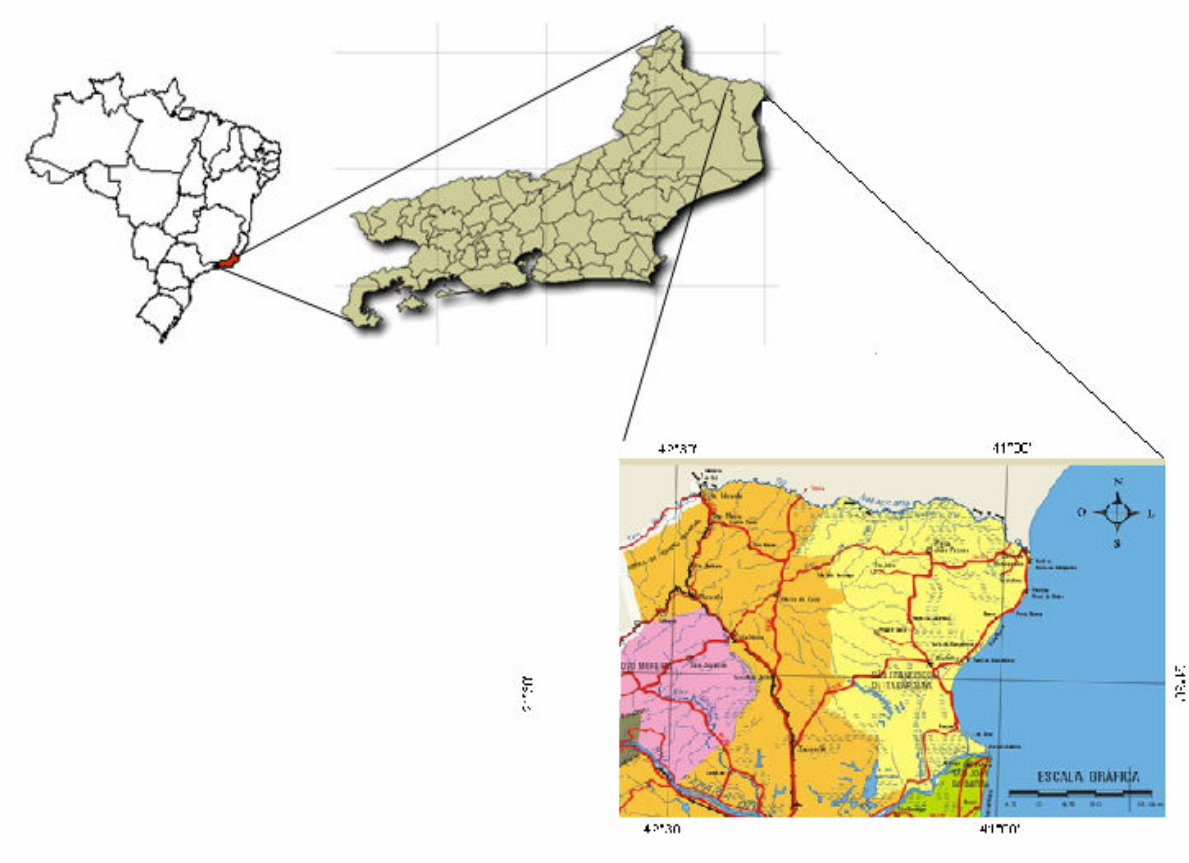


Figura 2 – São Francisco de Itabapoana – RJ (fonte: IBGE)

No contexto nacional, o município pertence à região Hidrográfica Atlântico Sudeste que possui uma área de 229.972 Km^2 e tem como principais rios o Paraíba do Sul e o Doce, com 1.150 e 853 km respectivamente e diversos outros rios menos extensos como o Itabapoana. Segundo a ANA, a região sofre com uma das menores disponibilidades relativas de água do Brasil.

No Estado do Rio de Janeiro, São Francisco de Itabapoana está inserido nas regiões IX da qual o Rio Paraíba do Sul pertence e X (figura 3) onde o rio Itabapoana está inserido.

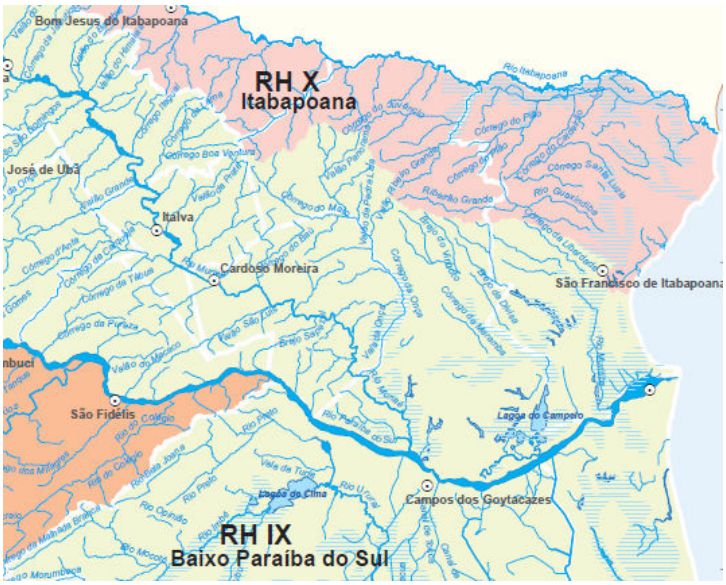


Figura 3: Visão parcial das Regiões Hidrográficas IX e X (fonte: INEA).

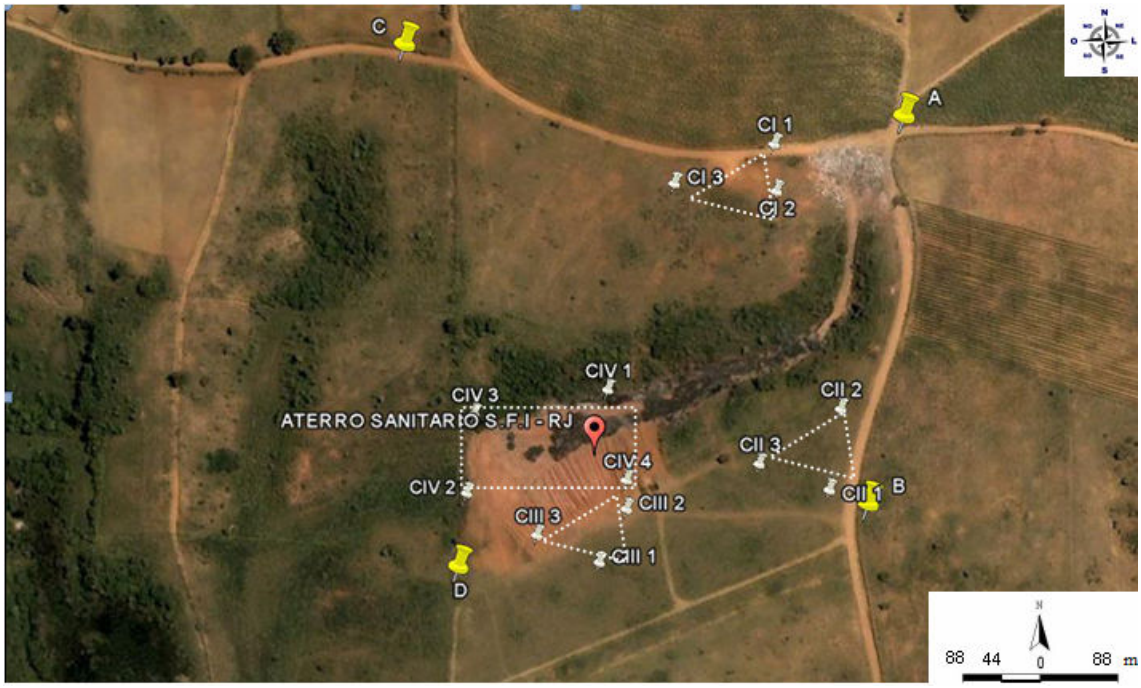
Apesar de ter dois rios importantes no seu limite territorial, a população de São Francisco de Itabapoana não é servida por água desses rios, toda água distribuída para abastecimento urbano é coletada de aquíferos através de poços. O Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro publicou em 2006 um Estudo Sócio Econômico de São Francisco de Itabapoana que apresentou os seguintes dados sobre o município:

• No tocante ao abastecimento de água, São Francisco de Itabapoana tem 23,6% dos domicílios com acesso à rede de distribuição, 74,4% com acesso à água através de poço ou nascente e 2,0% têm outra forma de acesso à mesma, o total distribuído alcança 7.949 metros cúbicos por dia, dos quais 91% não são tratados (provavelmente água de fonte) e o restante passa por tratamento não convencional.

• A rede coletora de esgoto sanitário chega a 0,5% dos domicílios do município; outros 1,5% têm fossa séptica, 91,2% utilizam fossa rudimentar, 1,9% estão ligados a uma vala, e 4,1% são lançados diretamente em um corpo receptor (rio, lagoa ou mar). O

esgoto coletado não teve seu tratamento ou destino reportados.

• São Francisco de Itabapoana tem 35,2% dos domicílios com coleta regular de lixo, outros 8,3% têm seu lixo jogado em terreno baldio ou logradouro e 52,7% o queimam. O total de resíduos sólidos coletados somava 31 toneladas por dia, cujo destino era 3 vazadouros a céu aberto (lixões). A área objeto (figura 4) de estudo foi desativada como depósito de lixo no final do ano de 2008, e está localizada à localidade de Alegria dos Anjos (figuras 5, 6, 7 e 8) de coordenadas geográficas 21º20’47,95”S e 41º10’1,57”W.



CI – Célula de descarte de lixo 1 - CII – Célulade de descarte de 2
CIII - Célula de descarte de lixo 3 - CVI – Célula de descarte de lixo 4
- Limites do lixão

Figura 4: Área do lixão em Alegria dos Anjos (adaptado do Google maps)

Figura 5: célula de descarte de lixo CI

Figura 6: célula de descarte de lixo CII

Figura 7: célula de descarte de lixo CIII

Figura 8: célula de descarte de lixo CIV

A área do lixão está inserida em um trabalho realizado pela EMBRAPA, Diagnóstico do Meio Físico das Bacias Hidrográficas do Entorno da Mata do Carvão (FIDALGOE, 2005), Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, e os dados levantados sobre geomorfologia, geologia serão utilizados neste trabalho. A BHMC está localizada na Região Norte do Estado do Rio de Janeiro, entre as coordenadas 21º 17' e 21º 31' Sul e 40º 59' e 41º 24' Oeste, nos municípios de Campos dos Goytacazes e São Francisco de Itabapoana, totalizando aproximadamente 397,65 Km^2 de extensão (figura 9). As bacias que compõem a área em estudo são: do rio Guaxindiba, do córrego Baixa do Arroz, e do Buena.

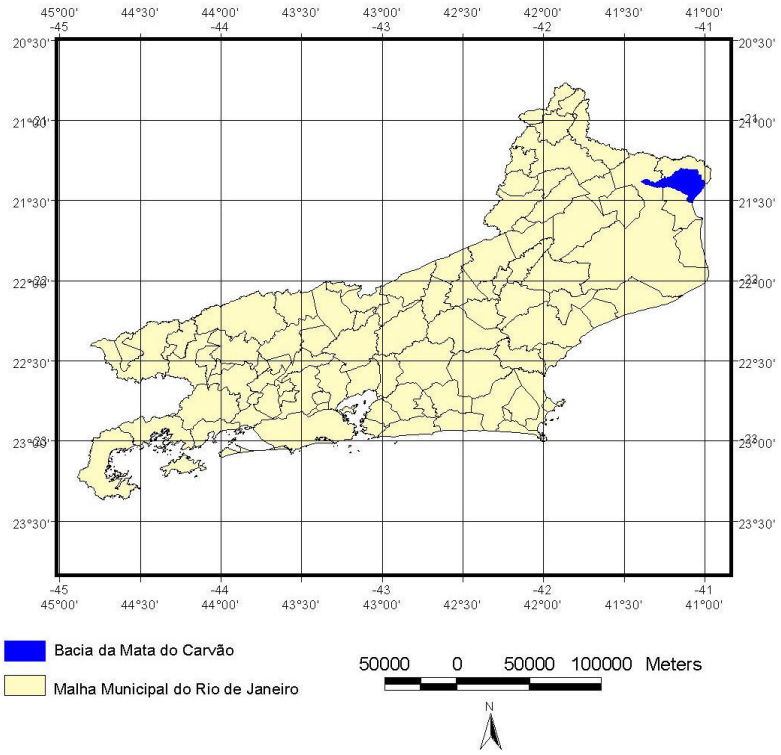


Figura 9: Bacias Hidrográficas do Entorno da Mata do Carvão (fonte: FIDALGOE, 2005).

2.1.1 – Caracterização geral das BHMC

A partir da integração das informações relativas a geomorfologia e pedologia da Bacia Hidrografica, foram obtidas sete Zonas Agroecológicas distintas (Figura 10), que subsidiaram o trabalho da equipe do meio físico em campo, assim como foram consideradas como unidades básicas no diagnóstico do meio físico das bacias em questão. São elas:

• Zona 1: Planícies Costeiras Arenosas.

• Zona 2: Planícies Fluvio-lagunares Salinas.

• Zona 3: Várzeas.

• Zona 4: Tabuleiros.

• Zona 5: Relevo Suave Colinoso.

• Zona 6: Relevo Colinoso.

• Zona 7: Relevo Montanhoso.

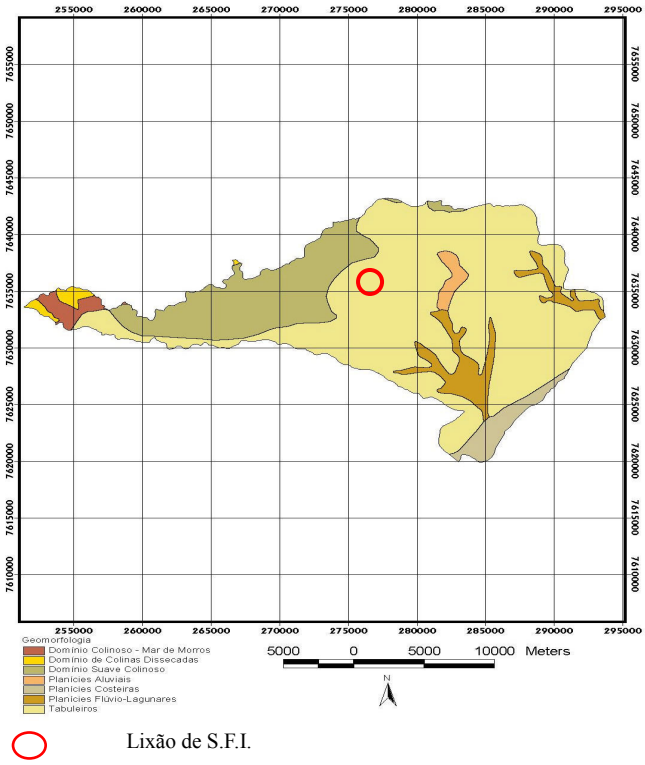


Figura 10: Zonas Agroecológicas (fonte: FIDALGOE, 2005)

2.1.2 –Tabuleiros

A área do lixão de São Francisco de Itabapoana está inserido na unidade mais extensa do conjunto das bacias, Tabuleiros. É representada por extensas superfícies tabulares embasadas por sedimentos da Formação Barreiras, pouco dissecadas por uma rede de drenagem que converge diretamente para o oceano, produzindo vales em “U”. Tais vales são caracterizados por bordas íngremes dos tabuleiros e de fundo chato, recobertos por sedimentação fluvial ou flúvio-lagunar recente. Sua morfologia assemelha-se bastante à dos tabuleiros costeiros que abrangem grandes extensões em direção ao norte, nos Estados do Espírito Santo e Bahia, com dominância de solos profundos e bem drenados (Argissolos Amarelos e Latossolos Amarelos). No contato gradativo com as colinas mais baixas do embasamento pré-cambriano, a oeste, as colinas tabulares apresentam um padrão morfológico semelhante, baseado em colinas amplas, alongadas e levemente arredondadas, dificultando sua delimitação (Dantas,

2001). Os tabuleiros apresentam gradientes muito suaves e amplitudes de relevo muito baixas e cotas que variam entre 15 e 40m, sendo crescentes a partir da linha de costa e da calha do rio Paraíba do Sul em direção ao interior. A densidade de drenagem muito baixa com padrão de drenagem paralelo. Frequentemente observam-se mantos coluviais recobrindo os tabuleiros. Na porção norte desses tabuleiros, junto à linha da costa, destaca-se a ocorrência de falésias ativas, podendo atingir mais de 10m de altura junto à localidade de Ponta Buena. Essa unidade apresenta uma baixa vulnerabilidade a eventos de erosão e movimentos de massa, tendo em vista a ocorrência de extensas áreas planas, baixas amplitudes de relevo e gradientes suaves do relevo das colinas tabulares. A figura 11 demonstra a topografia do local de estudo.

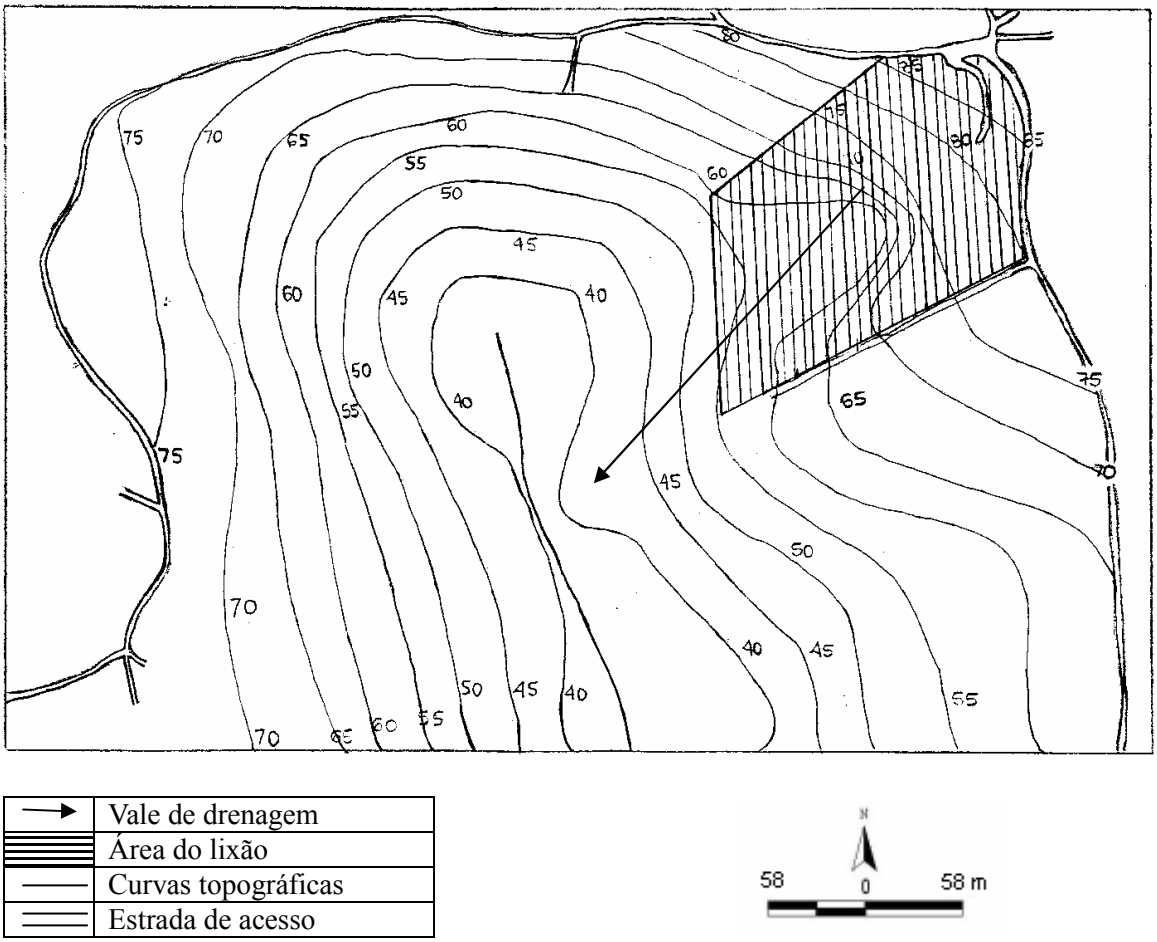


Figura 11: Planta topográfica (fonte: autor).

2.1.3 – Geologia

O conjunto das BHMC está embasado, na sua maior parte, por rochas sedimentares pouco litificadas de idade Terciária denominadas, genericamente, de Formação Barreiras. Junto ao litoral, destaca-se uma pequena faixa da planície costeira associada à desembocadura do rio Paraíba do Sul, onde está assentada a localidade de Guaxindiba e, no interior das Bacias Hidrograficas, aflora o embasamento cristalino, nos arredores da localidade de Morro do Coco (Figura 12) Esse embasamento gnáissico-granítico Pré-Cambriano que ocupa o interior da bacia do rio Guaxindiba é composto por paragnaisses (gran-biot-sill gnaisses) da Unidade São Fidélis, de idade Meso-Proterozóica; granitóides sin-tectônicos (granhorn-biot tonalitos a granitos) da Suíte Intrusiva Angelim; charnockitos (gran-hornpirox charnockitos) da Suíte Bela Joana, ambos de idade Neo-Proterozóica; e granitos pós-tectônicos (horn-biot granitos) Morro do Coco, este, idade Eo- Paleozóica (Silva & Cunha, 2000). Esse conjunto de litologias foi modelado, amplamente, sob morfologia de colinas amplas e suaves, pontilhadas por relevos residuais (inselbergs), tais como a serra da Pedra Lisa, do Baú e do Mico, a última parcialmente inserida na bacia. Lamego (1945) sugere que estas serras isoladas sejam remanescentes esparsos da serra do Mar, a norte do rio Paraíba do Sul, resultantes de falhamentos Cenozóicos que fragmentaram e afundaram a serra do Mar neste trecho e propiciaram o desenvolvimento de extensa superfície colinosa que abrange os baixos vales dos rios Muriaé e Itabapoana. Todavia não pode se descartar o papel da erosão diferencial sobre essas rochas para compreender a gênese desses relevos serranos residuais, principalmente com relação aos granitos isotrópicos pós-tectônicos, mais resistentes ao intemperismo e à erosão.

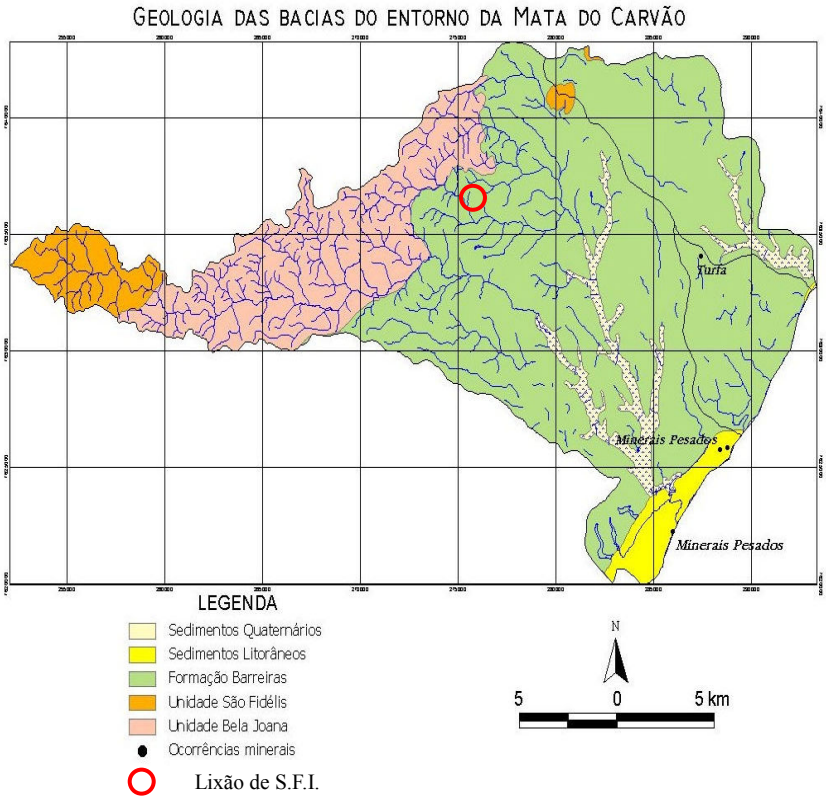


Figura 12: Geologia das BHMC (fonte: FIDALGOE, 2005)

As rochas sedimentares da Formação Barreiras, a despeito de serem afossilíferas, foram associadas ao Terciário Superior (Mioceno-Plioceno) e suas fases de sedimentação prolongam-se, provavelmente, até o Pleistoceno Inferior. Essa formação abrange extensa área da costa brasileira do estado do Rio de Janeiro ao estado do Pará. No Estado do Rio de Janeiro, a Formação Barreiras apresenta expressão espacial nos arredores das localidades de Quissamã e, com mais destaque, entre Campos, Morro do Coco e Barra do Itabapoana (Dantas, 2001). Os ambientes deposicionais formadores deste espesso e diversificado pacote de sedimentos são típicos de leques aluviais coalescentes sob fluxos de alta energia em um presumível paleoclima semi-árido (Bigarella, 1975; Suguio & Nogueira, 1999). Esta notável sedimentação Neógena estendeu-se além da atual linha de costa, depositando-se na Plataforma Continental sob condições de nível relativo do mar mais baixo que o atual. Os eventos transgressivos Quaternários entalharam os sedimentos da Formação Barreiras, formando falésias de

abrasão marinha, como as observadas em Ponta Buena, e as caracterizam boa parte do litoral recortado. As rochas da Formação Barreiras foram modeladas sob forma de superfícies tabulares dissecadas, em geral, por uma rede de drenagem paralela de baixa densidade, formando vales encaixados em "U", ou em colinas tabulares, principalmente quando a densidade de drenagem torna-se maior, próximo ao contato com o substrato pré-cambriano. Os fundos de vales são preenchidos por sedimentos lagunares ou fluviais holocênicos, enquanto que o litoral meridional da referida bacia é ocupado por cordões arenosos marinhos, de idade holocênica, correlacionados, à planície deltáica do rio Paraíba do Sul. Os sedimentos da Formação Barreiras Primitiva são essencialmente argilo-siltosos, não retrabalhados, pouco permeáveis, de cor vermelha, característico de solo laterítico. Estes apresentam espessuras rasas, de 64 metros em Dores de Macabú, município de Campos, espessando-se até 216 m em direção ao litoral, como na praia de Gargaú. O Barreiras Primitivo ocorre em boa parte da área desta bacia. Segundo Capucci (2003) a Formação Barreiras Recente apresenta diferenças marcantes dos sedimentos Barreiras típicos que ocorrem no alto estrutural de São Francisco de Itabapoana, no que se refere a sua litologia, alta permeabilidade e grande espessura (mais de 200 m em Grussaí, São João da Barra), deduzindo-se que foi originada por processos de retrabalhamento da Formação Barreiras Primitiva após a reativação dos blocos, mantendo ainda sua característica típica de sedimentos lateríticos de cor bege a marrom avermelhada, o que não ocorre nesta bacia.

O vazadouro de lixo de São Francisco de Itabapoana, está localizado sobre os sedimentos do Barreiras Primitivo. A baixa permeabilidade dos seus sedimentos argilosos faz com que haja uma maior proteção dos recursos hídricos subterrâneo.

2.2 – Amostragem

O objetivo de uma análise química é descobrir a composição de um determinado material ou identificar possíveis contaminantes, mas para que esse procedimento seja confiável são necessários alguns cuidados durante o processo de determinação. Uma amostragem representativa é fator determinante nos resultados do processo de análise.

2.2.1 – Amostragem de solos

A análise química do solo é um passo fundamental na determinação de sua fertilidade e, no caso específico desse trabalho de pesquisa, na obtenção de informações sobre os possíveis contaminantes bem como suas concentrações e distribuição. Qualquer que seja a área objeto de estudo, o volume de solo a ser caracterizado é muito grande, sendo necessário que várias amostras em diferentes pontos sejam coletadas. Miranda (1992) enfatiza, com a relação abaixo, a necessidade de uma amostragem representativa:

- Peso médio da camada arável de 1 ha de solo: 2.000.000 Kg
- Peso médio de uma amostra enviada ao laboratório: 0,5 Kg
- Peso médio da amostra analisada no laboratório: 0,01 Kg

Deve-se, então, segundo o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 1999), levar em consideração alguns fatores para uma amostragem que produza resultados confiáveis, são eles:

- distribuição dos pontos de amostragem
- número de pontos de amostragem
- profundidade de amostragem
- quantidade de amostra necessária – tamanho da amostra
- amostras simples e compostas
- técnicas de amostragem

2.2.1.1 – Distribuição dos pontos de amostragem

Na elaboração do plano de amostragem, os pontos de retiradas das amostras são definidos levando em consideração os custos que, preferencialmente, devem ser minimizados. Outra consideração deve ser a implantação de um plano de fácil análise e implantação. De acordo com o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB,1999), "a escolha da malha de amostragem mais apropriada estará associada a distribuição dos contaminantes e a sua forma deve ser adaptada às condições locais."

2.2.1.2 – Número de pontos de amostragem

O número de pontos de amostragem, segundo a CETESB 1999, depende dos seguintes fatores:

- tamanho da área investigada
- qualidade das informações prévias disponíveis
- hipótese de distribuição espacial da contaminação
- grau de confiança requerido

2.2.1.3 – Quantidade de amostra necessária – tamanho da amostra

A quantidade de solo enviada para análise está definida pela instrução de coleta de amostras recebida do IAC e cada amostra contém cerca de 300g.

2.2.1.4 – Profundidade da amostragem

A profundidade de amostragem é definida pelo uso do solo, população exposta e as vias de exposição (CETESB, 1999). No caso do estudo, a área é considerada rural, as populações expostas são a rural, urbana e gados e as vias de exposição são o consumo de alimentos, ingestão, inalação e o contato dermal e a profundidade de interesse são a zona radicular e solo de superfície (0 – 0,30m).

2.2.1.5 – Amostras simples e compostas

As amostras podem ser simples ou compostas. A amostra composta

consiste na mistura de partes iguais de várias amostras simples retiradas ao acaso em uma área homogênea.

2.2.1.6 – Técnicas e equipamentos de amostragem

Os equipamentos utilizados para coleta de amostras variam de acordo com a profundidade, no caso específico desse trabalho, serão utilizados pás e picaretas e o procedimento de coleta e preparação das amostras serão os indicados pelo IAC e estão descritos no anexo1.

2.2.2 – Amostragem das águas subterrâneas

Assim como o solo, a água subterrânea representa um dos principais recursos naturais e, sendo assim, devem receber cuidados e serem preservados. Segundo Clearly (1984), a ausência de um programa de monitoramento e análises da qualidade da água não nos permite uma real avaliação da "extensão e severidade da degradação da água subterrânea e os riscos para a saúde da população". Diversas podem ser as formas de contaminação das águas subterrâneas, são exemplos de fontes de contaminação:

- represas de resíduos industriais;
- aterros e lixões;
- postos de combustíveis;
- fertilizantes e pesticidas etc.

Além disso, as fontes podem ser pontuais, atingem as águas subterrâneas a partir de um ponto específico, lineares, nesse caso rios e canais contaminados ou podem ser difusas como as atividades agrícolas. Para a realização de uma avaliação de contaminação eficaz ou de um sistema de monitoramento que permita o acompanhamento da evolução da contaminação, as amostragens deverão ser efetuadas em um conjunto de poços, distribuídos de forma adequada nas proximidades das fontes poluidoras. Segundo a CETESB, "a localização estratégica e a construção racional dos

poços de monitoramento, aliadas a métodos eficientes de coletas, acondicionamento e análises de amostras, permitem resultados bastante precisos" sobre a área de influência dos pontos de contaminação. Além desses fatores, ainda devem-se observar algumas atitudes:

- A realização de um bom plano de amostragem com informações suficientes e relevantes para a orientação dos técnicos que irão coletar as amostras;
- A utilização de equipamentos adequados para amostragem, bem como a apropriada limpeza de todo material utilizado na coleta;
- O correto registro de todos os dados coletados no local, durante a realização da coleta da amostra, e
- Dar total atenção aos erros e anomalias ocorridas durante o processo de amostragem.

2.3 – Requisitos Legais

O Congresso Nacional aprovou a regulamentação de sistemas de tratamento de todos os resíduos gerados e a instituição de responsabilidades bem definidas, segundo os tipos de resíduos. A Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei Nº 9.605, de 12 de feveriero de 1998 e dá outras providências. Essa Lei vai de encontro a um dos maiores problemas enfrentados pelos governos e toda sociedade, o lixo urbano. Algumas diretrizes merecem destaques:

A Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos

Disposições Gerais

Capítulo 1 – Do Objeto e do Campo de Aplicação

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às

responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Da Política Nacional dos Resíduos Sólidos

Art. 7° São Objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;

V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;

VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

Outro ponto que podemos destacar está descrito no Capítulo III, na seção I, no Art. 25. O poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos e das diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta Lei e em seu regulamento.

Outras leis merecem ser destacadas quando o assunto é resíduos sólidos, pois dessa maneira podemos perceber a evolução da preocupação com o tratamento dado aos mesmos. A Lei Federal da Política Nacional de Saneamento Básico – Lei 11.445/07 em seu capítulo V que trata da regulação em seu Art. 11. São condições de validade dos contratos que tenham por objeto a prestação de serviços públicos de saneamento básico:

I - a existência de plano de saneamento básico;

Quanto à preservação dos recursos hídricos, segundo a ANA (Agência Nacional

de Águas) a água subterrânea vem assumindo importância relevante como fonte de abastecimento público no Brasil, mas, mesmo assim, maior importância é dada às águas superficiais. As águas subterrâneas assumiram esse papel devido ao fato de que os recursos superficiais se encontram poluídos e necessitam de tratamento mais efetivo, o que aumenta o custo, fato que não ocorre com as águas subterrâneas, de melhor qualidade.

O Código das águas (1934) considerou as águas subterrâneas como bens imóveis, associados à propriedade da terra. Como marco, esse Código inibiu a poluição das águas subterrâneas. Depois, a Constituição Federal de 1988, previu a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e alterou o Código das Águas, deixando de ser propriedade da terra e passando a ser um bem público e seu disciplinamento de uso e sua proteção são regidos por legislações que delegam aos órgãos Federais e estaduais atribuições específicas.

Segundo DOMINGOS e OLIVEIRA (2004) "foi um marco para a integração das águas subterrâneas e águas superficiais, no âmbito da Política Nacional de Recursos Hídricos, a elaboração, pela Câmara Técnica de Águas Subterrâneas – CTAS e a aprovação pelo Conselho Nacional de recursos Hídricos – três resoluções:

Resolução n°. 9 de 21/06/2000 que instituiu a Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas;

Resolução n°. 15 de 11/01/2001 que estabelece as diretrizes para gestão integrada das águas considerando a interdependência entre águas superficiais, subterrâneas e meteóricas;

Resolução n°. 22 de 24/05/2002 que estabelece que os Planos de Recursos Hídricos estaduais e dos Comitês de Bacia deverão considerar o monitoramento da qualidade e quantidade de águas subterrâneas, estudos hidrogeológicos e a inter-relação com as

águas superficiais, visando a gestão integrada dos recursos hídricos.

Por fim, a Portaria 518 do Ministério da Saúde que “Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e da outras providências”, e que será utilizado para efeitos de comparação.

3 – MATERIAL

Os materiais e equipamentos utilizados durante o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa estão listados abaixo. Todo material utilizado são de propriedade da INB ou GEOAVALIAR que arcaram também com os custos das análises, mão-de-obra e logística.

- pHmetro, marca DIGIMED, modelo DM20. INB

Figura 13: pHmetro. (foto do autor)

Equipamento utilizado para medir o pH de soluções, seu funcionamento se resume na conversão do valor do potencial gerado (milivolts) do eletrodo em unidades de pH.

- Espectrofotômetro UV, marca BIOSPECTRO, modelo SP22. INB

Figura 14: Espectrofotômetro UV. (foto do autor)

O princípio de fiuncionamento consiste em inserir uma amostra no caminho óptico do equipamento onde, uma luz UV ou visível num determinado comprimento de onda passa pela amostra. Assim, o espectrofotômetro mede a

quantidade de luz que foi absorvida pela mesma.

- Absorção atômica. Geoavaliar

O princípio de funcionamento basea-se na formação de átomos livres (estado gasoso), vaporizando a amostra problema em um atomizador, onde absorvem radiação de frequência específica gerada por uma fonte (lâmpada de catodo oco) do elemento a ser detectado.

- Medidor de nível d'água, marca HS Hidrosuprimentos, modelo HSNA30. INB

Figura 15: Medidor de nível d'água (foto do autor)

- Bomba peristaltica de baixa vazão, marca Provitec, modelo AWG 5000A. INB

O princípio de funcionamento da bomba peristáltica assemelha-se ao do sistema digestivo humano, igualmente denominado de sistema peristáltico. No movimento peristáltico do aparelho digestivo humano, músculos fazem com que o alimento seja deslocado dentro do tubo digestivo através de contração e relaxamento consecutivos. No caso da bomba peristáltica, um elemento tubular maleável e fixo é pressionado por roletes dispostos em volta de um rotor em de movimento circular. Os roletes em movimento pressionam e fecham o elemento tubular, provocando assim o vácuo necessário para deslocar o fluido.

Depois da passagem do rolete, o tubo retorna ao seu diâmetro original devido à memória mecânica do material com o qual o elemento tubular é fabricado.

Figura 16: Bomba Peristáltica Provitec (foto do autor)

- Máquina fotográfica Kodac, 10 mega pixeus. (próprio).
- GPS, marca GARMIN, modelo GPSII Plus . INB
- Bomba a vácuo, marca Primatec, modelo 132. INB
- Chapa elétrica marca Nova Ética. INB
- Estufa elétrica marca MARKETT. INB
- Trado motorizado. INB

Consiste de um escavador e uma aste composta de seções de um metro de comprimento, que são unidas por roscas à medida que se aprofunda a escavação do poço. A perfuração ocorre pelo movimento de rotação trasnferida pelo motor.

- Furadeira elétrica. INB
- Vidraria de laboratório (pipetas, provetas, erlemeyers, kitasato e beckeres). INB/GEOAVALIAR
- Frascos e sacos plasticos para coleta e guarda de amostras. INB/GEOAVALIAR
- Cano de PVC 6 metros de comprimento por 50 mm de diâmetro. INB
- Pás, cavadeiras, enxadas. INB
- Equipamentos de segurança (EPIs). INB

4 – MÉTODO

A partir de visitas de campo, foram determinados os seguintes procedimentos para que a proposta deste trabalho fosse atendida satisfatoriamente:

- Os dados utilizados para pesquisa sobre quantidade de lixo, período de descarte, rotas e frequencia de coletas do resíduo urbano foram obtidos junto às secretarias de Obras e do meio ambiente do município de São Francisco de Itabapoana. De posse destes dados foi possível levantar um histórico da situação atual do município de São Francisco de Itabapoana em relação à coleta e destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

- A demarcação do local de interesse, os pontos de descarte de resíduos urbanos aparentes, o local de coleta de amostras de solos e os possíveis locais de perfuração dos poços de monitoramento foram demarcados através de GPS, figura 17 e a tabela 3 lista todos os pontos de interesse.

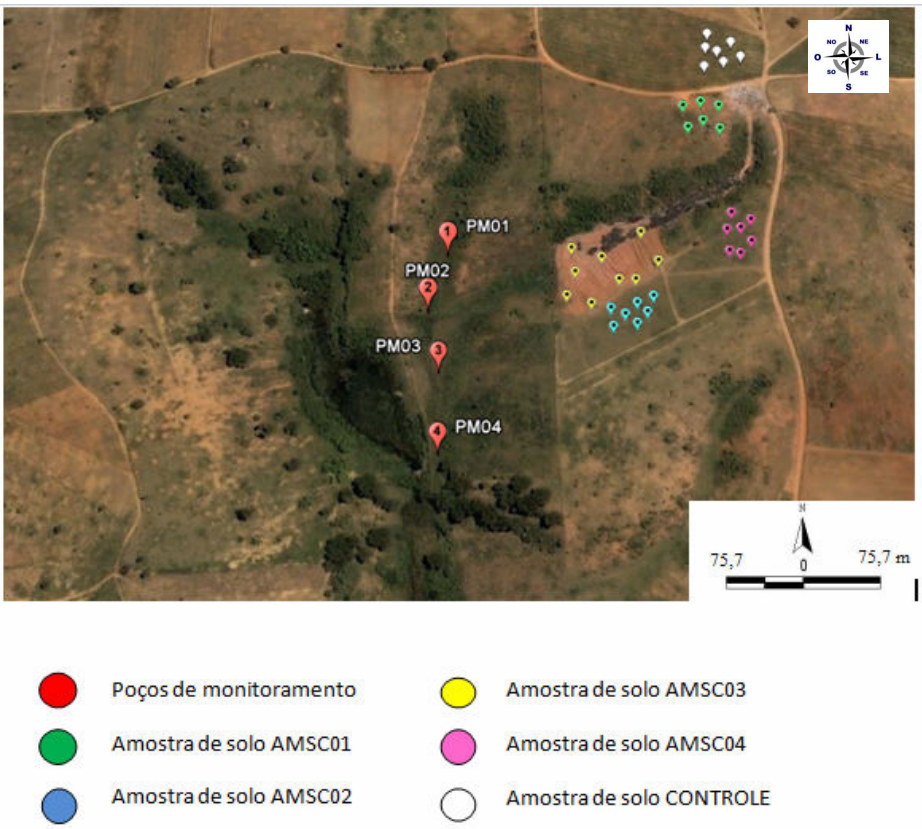


Figura 17: Localização dos poços de monitoramento e pontos de amostragem do solo. (GOOGLE)

Tabela 3: Dados sobre a localização do aterro e pontos relevantes

Descrição dos Pontos	Sigla	Latitude	Longitude	Altura
Delimitação do Aterro	Ponto A	21° 20' 47.5656"S	41° 10' 0.717"O	87,60
	Ponto B	21° 20' 54.315"S	41° 10' 0.9264"O	80,30
	Ponto C	21° 20' 47.7594"S	41° 9' 39.8154"O	89,20
	Ponto D	21° 20' 59.3016"S	41° 10' 13.7928"O	32,30
Primeiro Espelho D'Água à Jusante do Aterro	Ponto E	21° 20' 59.3016"S	41° 10' 13.7928"O	27,30
Célula I de descarte de lixo	CI_1	21° 20' 47.9292"S	41° 10' 3.1902"O	86,70
	CI_2	21° 20' 48.4182"S	41° 10' 2.985"O	85,90
	CI_3	21° 20' 48.192"S	41° 10' 5.0442"O	85,20
Célula II de descarte de lixo	CII_1	21° 20' 53.9900"S	41° 10' 1.6888"O	73,90
	CII_2	21° 20' 52.5638"S	41° 10' 1.596"O	78,80
	CII_3	21° 20' 53.6000"S	41° 10' 2.9900"O	79,90
Célula III de descarte de lixo	$CIII_1$	21° 20' 55.7100"S	41° 10' 5.8544"O	70,30
	$CIII_2$	21° 20' 54.5600"S	41° 10' 5.3992"O	55,50
	$CIII_3$	21° 20' 53.1300"S	41° 10' 7.1000"O	61,90
Célula IV de descarte de lixo	CIV_1	21° 20' 52.4076"S	41° 10' 4.8642"O	60,90
	CIV_2	21° 20' 54.4596"S	41° 10' 8.7234"O	50,59
	CIV_3	21° 20' 52.9900"S	41° 10' 8.8400"O	59,86
	CIV_4	21° 20' 54.0054"S	41° 10' 5.4294"O	64,60
Poço de Monitoramento	PM 01	21º 20' 53.46"S	41º 10'12.41"O	45,00
	PM 02	21° 20' 55.41"S	41° 10' 13.12" O	40,00
	PM 03	21º 20' 57.52"S	41º 10' 12.71"O	40,00
	PM 04	21° 21' 00.22"S	41º 10' 12,70"O	41,00

Site conversão: http://www.fcc.gov/mb/audio/bickel/DDDMMSS-decimal.html

- Através de consultas a normas, leis e pesquisas bibliográficas foram definidos quais os parâmetros que seriam analisados e quantas amostras seriam retiradas. Os equipamentos e demais materiais utilizados durante a perfuração dos poços, coleta e guarda de amostras utilizados durante o trabalho de campo são de propriedade da INB.

- O procedimento de amostragem do solo (figuras 18, 19, 20 e 21) seguiu as orientações do laboratório AGRILAB – Laboratório de Análises Agricolas e Ambientais Ltda, responsável pelas análises e, para um maior embasamento técnico, também foi consultado o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB, amostragem do solo 6300 pg 23 e 24. As identificações dos pontos de coleta de amostras de solo estão descritas na figura 17.

Figuras 18, 19, 20 e 21: Coleta de amostras de solo ((fotos do autor)

- O processo de amostragem das águas subterrâneas passam por dois processos diferentes: primeiro, a construção dos poços de monitoramento e segundo, a coleta da amostra de água.

- Os poços de monitoramento foarm construídos (figuras 22, 23 e 24) com base na Norma técnica da ABNT – NBR 15495 – Poços de Monitoramento em Aquíferos Granularesdo. Parte 1: Projeto e execução e Parte 2: Desenvolvimento (figura 25). Os registros das características encontradas durante a perfuração dos poços estão no anexo 2.

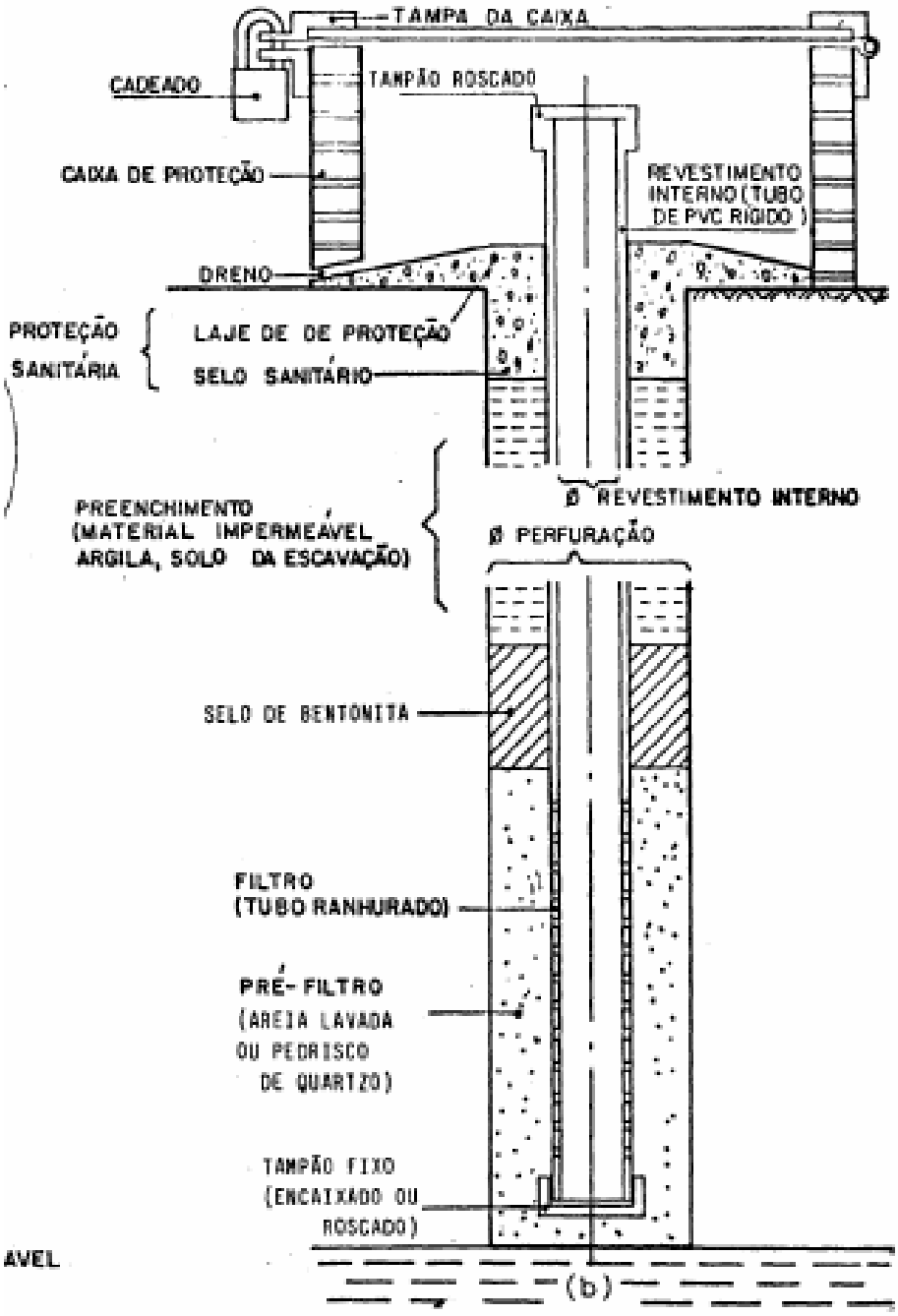


Figura 25: Esquema de um poço de monitoramento (CETESB, 2001)

Figuras 22, 23 e 24: Perfuração dos poços (fotos do autor)

Os poços são constituídos por:

- um revestimento interno de PVC rígido branco com a função de revestir o mesmo;

- um filtro, parte inferior do tubo de PVC que fica posicionado na zona saturada constituído de ranhuras ou pequenos furos com a função de permitir a entrada de água sem as impurezas;

- um pré filtro, posicionado entre a parede da perfuração e a parede do tubo de PVC costituído de material com granulometria superior aos pequenos furos ou ranhuras para impedir a passaegem de partículas que possam obstruir o filtro;

- um tampão, também de PVC, utilizado para proteger a abertura superior, impedindo a entrada de materiais que possam danificar o poço.

- de uma proteção sanitária, constituída de um tampão de borracha e cimento que evita a infiltração de água pela estremidade superior, entre a parede do poço e a parede do tubo de PVC;

- sistema de proteção do poço, feito de cimento para evitar que animais quebrem o mesmo.

Os locais de construção dos poços estão indicados na figura 17.

- Para a coleta das amostras de água, o procedimento adotado está baseado no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB, 6410 - Amostragem e monitoramento das águas subterrâneas, Anexo A – Orientação para coleta de amostras, pg 10 a 21 além do procedimento adotado pela INB inserido no anexo 2.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – O lixo em São Francisco de Itabapoana

Em visita à Secretaria de Obras, foram levantadas as informações sobre o serviço de coleta de lixo no município. Desde o início do ano de 2009, quando o lixão, objeto deste estudo, foi desativado, o município conta com serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos, prestado pela empresa contratada THALIS - Transporte e Serviço Ltda, a empresa conta com seis caminhões divididos em três rotas diferentes (tabela 4) e coletam, aproximadamente, 31 ton/dia, podendo dobrar durante o período de verão ou férias de julho por ser o município um polo turístico.

Tabela 4: Rota dos caminhões de coleta de lixo

	Segunda, quarta e sexta-feira	Terça-feira e sábado	Quinta-feira
Locais	São Francisco de Itabapoana, Barra do Itabapoana, Gargaú, Santa Clara, Barrinha, Coreia, Buena, Gaivotas, Tatagiba, Guriri, Lagoa Doce, Lagoa Feia, Morro do Bode, Batelão, Macuco e Campo Novo.	Guaxindiba, Imburi, Flor de Maio, Floresta, São Diogo, Florestinha, Funil, Estreito, Santa Rita, Ponta da Bamburra, Aroeira, Lagoa dos Paus, São Domingos, Praça João Pessoa, Travessão de Barra, Praça da Fé, Bom Lugar, Imburi de Barra, Ladeira das Pedras, Vilão, Pingo D'água, Espiador, Nova Belem, Bom Jardim, Praça Quente, Santa Luzia, Valão Seco, Ponto de Cacimba, Alegria dos Anjos, Volta Redonda e Esquina.	Santa Terrinha, Amontado, Brejo Grande, Aldeia, Retiro, Guariximа, Faxina e Santo Amaro.

Todo lixo coletado é encaminhado para a usina de compostagem e triagem onde funciona também a destinação final do resíduo não aproveitado na usina.

Por estar desativado há dois anos, a amostragem e posterior caracterização do lixo, na área do lixão, foi realizada com o que foi encontrado exposto e apesar de não existir no local catadores de material reciclável, está prática era comum, assim sendo, o

que foi encontrado não condiz com a realidade dos lixões em atividade, pois a maioria dos materiais recicláveis de valor comercial foram retirados. A tabela 5 mostra o resultado da caracterização realizada no lixão de Alegria dos Anjos.

Tabela 5: Caracterização dos resíduos encontrados no lixão de S.F.I.

Componente	**Massa seca (Kg)**	**Massa seca (%)**
Resto de alimento	-	-
Plástico	279,0	72,5
Têxteis	29,0	7,5
Madeiras	21,0	5,5
Metais	7,0	1,8
Vidros	9,6	2,5
Papel/papelão	14,8	3,8
Outros	24,6	6,4
Total	385,0	100

5.2 – Solo

Para efeito de escolha dos parâmetros a serem analisados, partiu-se do princípio que o chorume, formado pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo urbano, é a principal fonte de contaminação do solo, desta forma, além do pH, Ca, Mg, K, Mn, Cu, Fe, Zn e a quantidade de matéria orgânica foram os parâmetros escolhidos. A tabela 6 cita as origens dos íons encontrados no chorume e para efeito de comparação, a amostra controle foi usada, pois não foram estipulados limites de tolerância para a área em questão. A CETESB, por decisão interna da diretoria, estipulou valores orientadores para solos baseado em dados estatísticos de análises físico-químicas de diversas amostras para serem utilizados como referência, esses parâmetros também serão utilizados.

Tabela 6: Origem dos íons encontrados no chorume

Íons	Origem
Na+, K+, Ca^{2+}, Mg^{2+}	Material orgânico, entulhos de construção, cascas de ovos
PO_4^{-3}, NO^{-3}, CO_3^{-2}	Material orgânico
Cu^{+2}, Fe^{+2}, Sn^{+2}	Material eletrônico, latas, tampas de garrafas
Hg^{+2}, Mn^{+2}	Pilhas comuns e alcalinas, lâmpadas fluorescentes
Ni^{+2}, Cd^{+2}, Pb^{+2}	Baterias recarregáveis (celular, telefone sem fio, automóveis)
Al^{+3}	Latas descartáveis, utensílios domésticos, cosméticos, embalagens laminadas em geral
Cl^{-}, Br^{-}, Ag^{+}	Tubos de PVC, negativos de filmes e raios-X
As^{+3}, Sb^{+3}, Cr^{+3}	Embalagens de tintas, vernizes, solventes orgânicos

Fonte: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental (Segalo, 2000)

As análises foram realizadas pelo Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais Ltda – AGRILAB, com custo total de R$ 380,00 (trezentos e oitenta reais) e o resultado está expresso na tabela 7 e o boletim de análise enviado pelo Laboratório está disponível no anexo 1. O teste de argila e de umidade foi realizado no laboratório da INB (Indústrias Nucleares do Brasil S.A.).

Tabela 7: Resultado das análises de solo

	AMSC-1	AMSC-2	AMSC-3	AMSC-4	CETESB	CONTROLE	UNIDADE
pH	7,20	7,00	7,90	4,80	-	4,10	UpH
MO	20	17	24	4	-	13	mg/L
P	161,4	3,7	44,7	4,0	-	3,5	mg/L
Ca*	32	27	49	9	-	4	mg/L
Mg*	10	7	10	5	-	2	mmolc/L
K*	14	3,2	4,3	0,9	-	0,8	mmolc/L
Mn	11	29	36	6	-	2	mmolc/L
Cu	1,7	0,6	17,0	0,4	35	0,1	mg/L
Fe	37	27	36	26	-	38	mg/L
Zn	13,8	6,2	70,3	2,6	60	2,0	mg/L
B	0,48	0,09	0,21	0,16	-	0,25	mg/L
Argila	24,6	37,0	36,8	19,4	-	26,9	%
Umidade	15,4	8,0	8,2	8,6	-	10,6	%

* Resultados expressos em mmolc/L

Após realização das análises ficou demonstrado que a amostra de solo AMSC-4 não pertence originalmente ao local de estudo tratando-se de material utilizado para o aterro ou para a preparação das estradas de acesso e desta forma não será comparada com as demais. Os resultados mais expressivos serão tratados abaixo.

5.2.1 – pH do solo

Em um aterro novo, o pH do chorume é mais baixo e indica que ainda não se atingiu a fase estável de fermentação anaeróbia, no caso da área em estudo o lixão está desativado e o aumento de pH das amostras de solo em relação à amostra controle indica um depósito de lixo antigo. Os valores de pH (figura 26) encontrados nas amostras não representam risco ao solo da região.

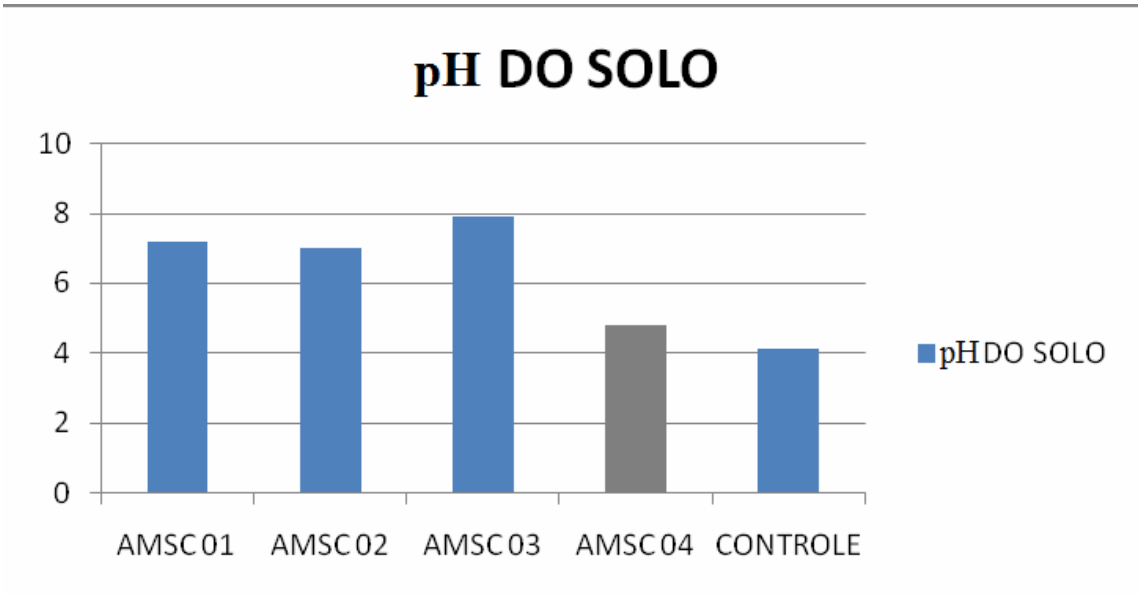


Figura 26: valores de pH do solo

Três podem ser os motivos para o pH do solo da amostra de controle ter dado baixo; os solos podem ser naturalmente ácidos devido à própria pobreza em bases do material de origem; a processos de formação que favorecem a remoção de elementos básicos como K, Ca, Mg e Na e; os solos podem ter sua acidez aumentada por cultivos e adubações que levam a tal processo.

5.2.2 – Cobre

Outro valor que mereceu destaque em relação à amostra controle foi o cobre, um metal pesado que em concentrações acima de 20 mg/L ou um total ingerido de 100 mg/dia na água podem produzir lesões no fígado (PIVELI, 2005). Nas plantas, é de fundamental importância no metabolismo das plantas participando de muitos processos fisiológicos além de influenciar na permeabilidade dos vasos do xilema à água e está envolvido diretamente na proteção da planta a ataques de fungos. Ficou constatado que as águas subterrâneas estão protegidas pelo solo argiloso, mas não podemos descartar o escoamento superficial que pode carrear a contaminação para o corpo hídrico existente à jusante do lixão. A tabela 6 mostra que o cobre é oriundo de materiais eletrônicos descartados indevidamente junto com os resíduos sólidos urbanos. A amostra de solo AMSC 03 foi a que apontou maior alteração se comparada com a amostra controle, mas não atinge o valor de referência de qualidade sugerido pela CETESB citado no Manual de Gerenciamento de Áreas contaminadas. Os valores encontrados estão indicados na figura 27.

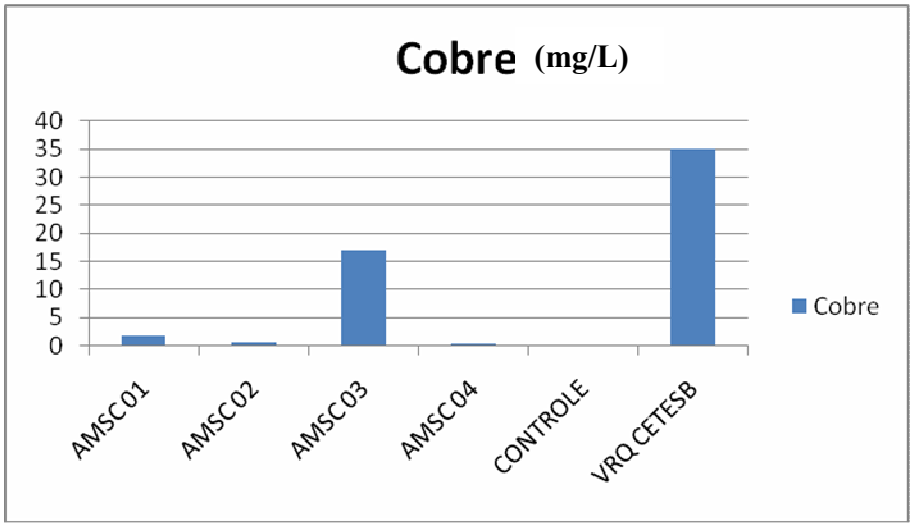


Figura 27: Teores de Cobre

5.2.3 – Zinco

O teor de zinco também apresentou valores alterados em relaçao à amostra controle (figura 28). O zinco assim como o cobre é um metal pesado mas diferente do cobre, é fundamental para o crescimento humano e das plantas, é componente de várias enzimas alem de participar do metabolismo de carboidratos e proteínas. Segundo GIANOTTI, (1986), "numa concentração que varia de 0,313 mg/L a 9,230 mg/L, dependendo da dureza da água, o zinco pode precipitar a secreção da mucosa produzida pelas branquias dos peixes. Assim, o espaço inter-lamelar é obstruído e o movimento normal dos filamentos branquiais é bloqueado. O peixe é impedido de realizar trocas gasosos e morre por asfixia." Desta forma, o escoamento superficial pode carrear o zinco colocando em risco o corpo hídrico e a vida aquática existentes à jusante do lixão.

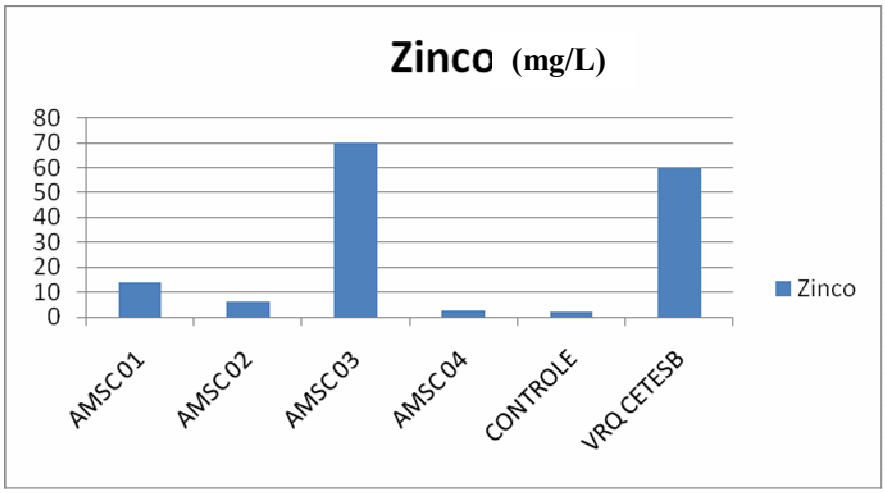


Figura 28: Teores de zinco

5.2.4 – Fósforo

O fósforo, na amostra AMSC01 e AMSC03 foi outro resultado que aprensentou valores alterados em relação à amostra controle mas, não existe valores de referência especificados para tal elemento, o maior problema que pode vir a ocorrer é o escoamento superficial e a contaminação do corpo hídrico provocando a diminuição de oxigênio dissolvido em função da eutrofização. Os demais valores encontrados nas

análises químicas não apresentaram valores alarmantes se comparados aos da amostra controle.

5.3 – Águas subterrâneas

5.3.1 – Nível d'água

A determinação do nível d'água é feita utilizando um medidor eletrônico, introduz-se a trena com marcação milimétrica que contém uma sonda de aço inox em sua extremidade inferior, quando o nível d'água é atingido fecha um circuito elétrico e emite um sinal sonoro. A trena tem 30m de comprimento. O nível estático dos poços foi medido quinzenalmente, desde a perfuração dos poços, serviu para a observação da variação do nível d'água durante a realização deste trabalho e estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8: Nível estático

Poço	Profundidade	Nível Estático					
		5/maio	24/ maio	9/ junho	21/ junho	7/ julho	22/ julho
PM 01	4,30	2,70	2,70	2,55	2,40	2,40	2,30
PM 02	4,50	2,50	2,45	2,45	2,30	2,30	2,25
PM 03	3,90	2,50	2,45	2,30	2,30	2,20	2,15
PM 04	4,10	2,30	2,35	2,30	2,20	2,20	1,90

5.3.2 – pH da água subterrânea

O pH representa a atividade do íon hidrogênio na água, de forma logaritmizada, resultante da dissociação da própria molécula de água acrescida pelo hidrogênio de outras fontes. Seu controle é de fundamental importância, pois interfere em diversos processos durante o tratamento da água para abastecimento público, águas industriais e até para a manutenção da própria vida aquática. A variação dos valores de pH medidos durante os meses de maio a julho estão demostrados na figura 29. Podemos observar que o pH se mantem quase constante, a variação máxima encontrada durante o período em que foram realizadas as análises foi de 0,30 unidades de pH, não sendo significativa

durante o período amostrado.

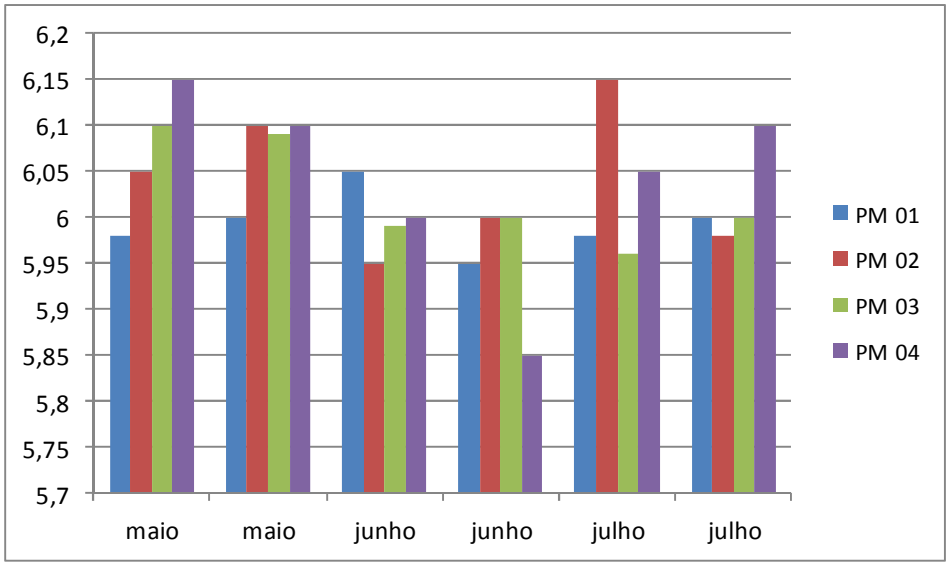


Figura 29: pH nas águas subterrâneas

5.3.3 – Cloreto

O Cloreto (figura 30) constitui padrão de potabilidade, pois para seu uso no abastecimento público teores acima de 250 mg/l provoca sabor salgado, provoca também corrosão nos encanamentos e interfere nos processos químicos como a determinação do DQO, DBO e nitratos. Comparando o resultado das dos poços de monitoramento, o teor de Cloreto encontrado é característica da região e não sofre interferência do lixão localizado a montante. A tabela 9 compara os resultados obtidos com os de referência da Portaria 518 do Ministério da Saúde.

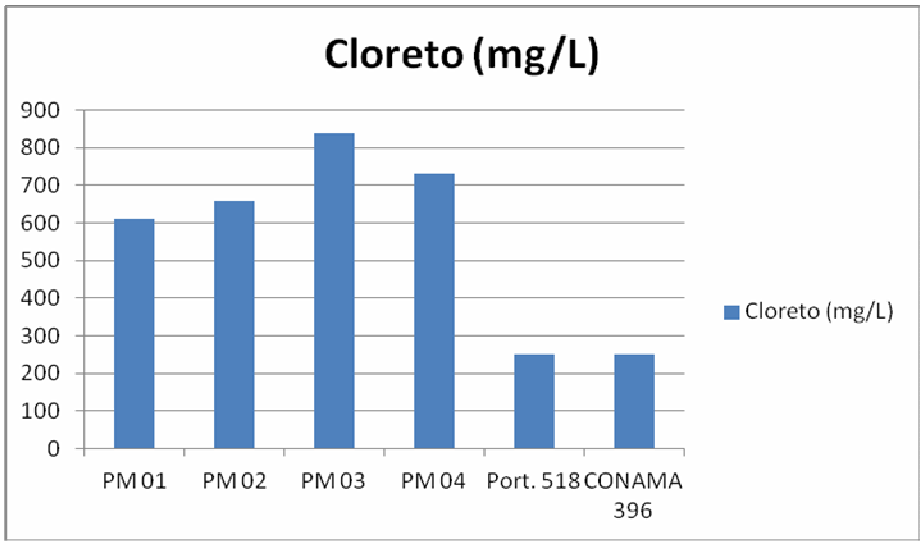


Figura 30: Cloretos

5.3.4 – Sódio

Por se tratar de um aqüífero próximo ao litoral, e pelo alto teor de cloreto o alto teor de sódio pode está relacionado à água do mar.

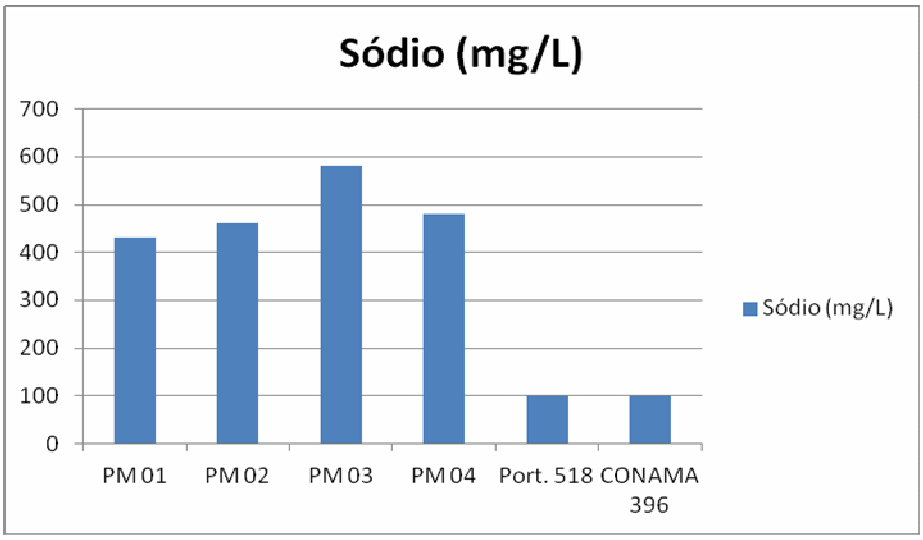


Figura 31: Sódio

Os demais resultados, mostrados na tabela 9, não são representativos em se tratando de contaminação ambiental.

Tabela 9: Análises físico-químicas.

Análises Físico-quimicas						
	PM 01	PM 02	PM 03	PM 04	Portaria 518	
Parâmetros	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	V.M.P.	Unidade
Alumínio	0,098	0,11	0,095	0,085	0,20	mg/L
Antimônio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	mg/L
Arsênio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	mg/L
Bário	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,70	mg/L
Bromato	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,025	mg/L
Cádmio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	mg/L
Chumbo	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	mg/L
Cianeto	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,07	mg/L
Clorito	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,20	mg/L
Cloreto *	**610**	**660**	**840**	**730**	250	mg/L
Cloro residual	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,20 a 2,0	mg/L
Cobre	0,09	0,07	0,10	0,05	2,0	mg/L
Cor	0,40	0,30	0,30	0,40	15	MgPt-Cor/L
Cromo total	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	mg/L
Dureza total	37,0	40,0	43,0	35,0	500	mg/L
Ferro total	0,098	0,12	0,11	0,085	0,30	mg/L
Fluoreto	0,15	0,15	0,10	0,17	1,50	mg/L
Gosto	Não objetável	Não objetável	Não objetável	Não objetável	Não objetável	-
Manganês	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	mg/L
Mercúrio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	mg/L
Nitrogênio amoniacal	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,50	mg/L
Nitrogênio nitrato	0,43	0,35	0,43	0,43	10	mg/L
Nitrogênio nitrito	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	1,0	mg/L
Odor	Não objetável	Não objetável	Não objetável	Não objetável	Não objetável	-
pH *	6,05	6,19	6,34	6,34	6,0 a 9,5	UpH
Selênio	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	mg/L
Sódio	**430**	**460**	**580**	**480**	200	mg/L
Sólidos dissolvidos	15	20	25	30	1000	mg/L
Sulfato	20	25	35	30	250	mg/L
Sulfeto	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,05	mg/L
Surfactantes	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,50	mg/L
Turbidez	0,90	1,15	0,95	1,05	5,0	UT
Zinco	0,13	0,10	0,18	0,15	5,0	mg/L

Os boletins de análises referentes às amostras de água estão disponíveis no anexo 2.

6 – CONCLUSÃO

Através das análises realizadas nas amostras de solo e águas subterrâneas coletadas na região do lixão de São Francisco de Itabapoana além das pesquisas realizadas na literatura existente sobre as características do solo, foi possível determinar os principais contaminantes.

As análises realizadas nas amostras de solo indicaram valores de pH diferentes para a amostra CONTROLE e as demais, apontando uma elevação nos valores de pH das amostras em relação ao branco mas que não indica uma contaminação. Na amostra de solo AMSC-3 foram encontrados variações em relação à amostra CONTROLE dos elementos cobre e zinco e na amostra AMSC-1 e AMSC-3 alteração no valor de fósforo. A variação no teor de cobre encontrada não atinge o VRQ sugerido pela CETESB, mas pode ser relevante se for considerado o escoamento superficial que poderá contaminar o recurso hídrico existente a jusante do lixão. Sugere-se, a fim de remediação, uma reamostragem mais detalhada do solo na área onde foi detectada a variação e a remoção do mesmo nos pontos de maiores concentrações.

No caso da contaminação por zinco, a amostra AMSC-3 apresentou valores superiores ao sugerido pela CETESB. O zinco pode ser prejudicial à fauna aquática e assim como o cobre, pode ser levado pelo escoamento superficial até o recurso hídrico, causando a morte dos peixes. A sugestão apresentada é a mesma que foi sugerida para o cobre, identificação e remoção do solo contaminado.

Quanto à variação apresentada para as amostras AMSC-1 e AMSC-3 para teores de fósforo, não foram encontrados valores de referência e as causas dessa contaminação pode estar relacionada à descarga de resíduos de fossas lançadas no local, fato que não foi possível levantar por falta de informações. O principal risco também é o escoamento

superficial e os efeitos da contaminação por fósforo no corpo hídrico foram discutidos anteriormente.

As amostras de água subterrânea retiradas durante as campanhas de amostragem não apresentaram mudanças significativas para valores de pH, a variação observada entre o poço de monitoramento PM 01 (controle) e os demais poços, PM 02, PM 03 e PM 04 não apontam para uma contaminação mas sim para característica natural das amostras.

As variações encontradas para os parâmetros Cloreto e Sódio em relação aos índices indicados pela portaria 518 do Ministério da Saúde, são características naturais das águas subterrâneas encontradas no entorno do lixão, não sendo assim, consideradas contaminações. Os demais resultados apresentados nas amostras analisadas pelo laboratório da GEOAVALIAR não apresentaram grandes variações em relação ao poço de referência PM 01. Esse fato pode ser creditado à espessa camada de argila encontrada durante a perfuração dos poços que colaboram para a proteção das águas subterrâneas, o que vai ao encontro com o trabalho sobre as BHMC realizado pela EMBRAPA que aponta que a região do lixão de São Francisco de Itabapoana está localizado sobre a formação Barreiras antigo, de baixa permeabilidade. Este tipo de estrutura de solo forma uma barreira protetora para as águas subterrâneas.

O tempo de disposição de lixo na área estudada, somado ao tempo que o mesmo permaneceu desativado, aproximadamente 10 anos, é considerado baixo em se tratando de disseminação de contaminação, o que torna necessário uma nova avaliação no futuro.

Diversos são os estudos que apontam a disposição inadequada do lixo como potencial fonte de contaminação do solo e das águas subterrâneas. Em Manaus – AM, “a água subterrânea do bairro Novo Israel está comprometida para o consumo humano em consequência dos elevados teores de Al, Fe, As, Cd, Pb, Sb e Se, dos compostos

nitrogenados e de contaminações pontuais de Mn e Zn" (ROCHA e HORBE, 2006), provocadas por um depósito de lixo na região do Aquífero Alter do Chão. Outro exemplo de contaminação provocada pelo lixo é o caso de Botucatu – SP, nas amostras de água subterrâneas foram detectados metais pesados Cd, Cr, Pb, Ni e Zn, "porem somente as concentrações de Cd e Pb na água estão em desacordo com o padrão de potabilidade..." e, "os metais pesados Cd e Pb são provenientes da percolação através dos resíduos, indicando contaminação das águas subterrâneas..." (OLIVEIRA, 2004).

O caso de São Francisco de Itabapoana, onde não foi possível identificar a contaminação das águas subterrâneas não é único, o lixão do Distrito Federal também foi objeto de estudo sobre contaminação do aquífero livre e pode ser citado como exemplo de não determinação ou não confirmação da contaminação.

Em operação há aproximadamente 33 anos, quando a pesquisa foi divulgada, chegou a receber cerca de 1800t/dia de lixo em janeiro de 1995. Nesse local além dos resíduos domésticos, foi descartado também resíduos industriais e hospitalares. Segundo LIMA (2003) "a área está assentada sobre uma região onde predomina o latossolo vermelho escuro, com espessura média variando entre 4 a 20 m". O mesmo trabalho define os solos dessa classe como "não-hidromórficos, com horizonte A moderado e horizonte B latossólico, de textura argilosa ou média, rico em sesquióxidos. São muito porosos, bastante permeáveis e de acentuado a fortemente drenados". (LIMA, 2003)

Os resultados obtidos nas análises das águas coletadas em poços de cacimba preexistentes no lixão do DF indicaram concentrações baixas para muitos íons e acima dos valores de referência para Fe e Al que foi considerado normal para o local devido às características do solo do DF. O autor não constata a contaminação, mas salienta que os valores encontrados para Al e Fe nos poços próximos à célula de lixo pode demonstrar a existência de alterações provocadas pelo lixo.

Um fato que pode mudar toda a situação em São Francisco de Itabapoana é o retorno do uso do local como depósito de lixo. No início de junho de 2011 a usina de reciclagem e compostagem foi desativada e o lixo voltou a ser jogado na área estudada em Alegria dos Anjos. Com o reinício das atividades de descarte de resíduos naquela área alem de potencializar o risco de contaminação ambiental insere um novo ator, os catadores de material reciclável, em sua maioria mulheres que passam o dia em meio ao lixo retirando seu sustento, trazendo de volta um grande problema social.

Com o retorno das atividades do lixão, sugere-se, para futuros trabalhos, uma nova caracterização do lixo, a construção de mais poços de monitoramento e a aplicação de outros métodos para a avaliação da contaminação, como a eletrorresistividade que podem apontar melhores resultados. Outra sugestão é a análise dos sedimentos do corpo hídrico localizado a jusante do lixão que pode apontar contaminação ocorrida através do escoamento superficial

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma para Construção de Poços de Monitoramento – NBR 13895**. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos Sólidos: Classificação** – NBR 10004. Rio de Janeiro: 1987.

AGENERSA – Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro. **Estabelecimento de Critérios e de Mecanismos para Regulação da Operação de Aterros Sanitários.** In: VI Congresso ABAR, Rio de Janeiro. 2009.

BRASIL**. Lei n^{0} 4.191, 30 de set. de 2003. Dispõe sobre a política estadual de resíduos sólidos e dá outras providências**. ALERJ, Rio de Janeiro: 2003. 6 p.

BRASIL. **Lei nª 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Publicação no DOU dia 03/05/2010 p 3 coluna 1.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 396/2008** – "**Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências".** – Data da legislação: 03/04/2008 – Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 404/2008** – **"Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos."** – Data da legislação: 11/11/2008 – Publicação DOU nº 220, de 12/11/2008, p. 93

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual de Gerenciamento de áreas Contaminadas**. Projeto Cooperação Brasil/Alemanha/CETESB-GTZ. 2 ed. São Paulo: 2001. 398 p .

CLEARLY, R.W.& MILLER, D.W. (1984). **Aspectos Fundamentais e Monitoramente de Poluição de Água Subterrânea**. Fortaleza, CE, Anais 2: 313-330.

DANTAS, M. E. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro. In: CPRM. **Estudo geoambiental do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, 2001. 63 p. Inclui 1 CDROM. Mapas em escala 1:250.000.

DOMINGUES, A.F.; OLIVEIRA, F.R. **Gestão Integrada de Aquíferos.** In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 13, 2004, Cuiabá. Anais... Cuiabá: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas.

FIDALGOE, Elaine Cristina Cardoso e outros. **Diagnóstico do Meio Físico das Bacias Hidrográficas do Entorno da Mata do Carvão (BHMC), Noroeste do Estado do Rio de Janeiro**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - *Documentos*

78- ISSN 1517-2627- Dezembro, 2005.

GIANOTTI, Eloisa Pozzi – **Contaminação das águas pelo zinco: a dureza da água como um fator de modificação da toxidade do zinco a peixes**. Revista DAE, volume 46. Junho, 1986.

HAMADA, J. **Estimativas de geração e caracterização do chorume em aterros sanitários.** In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. III, ABES , 1997.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Indicadores Sociais**. São Paulo. SP: 2000. Disponível em www.ibge.gov.br .

LIMA, José da Silva. **Avaliação da contaminação do lençol freático do lixão do município de São Pedro da Aldeia – R.J**.; orientação Professora D.Sc. Elisabeth Ritter.– Faculdade de Engenharia Rio de Janeiro: 2003, 101 p.

LAMEGO, A. R. **O Homem e o brejo**. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia: IBGE, 1945. 217 p. (Biblioteca Geografia Brasileira, 1).
LUIZ, Mário Queiroz Lima. **Remediação dos Lixões Municipais: Aplicações da Biotecnologia**. São Paulo: Editora Hemus, 2005. 272 p.

MONDELLI, G. **Integração de diferentes técnicas de investigação para avaliação da poluição e contaminação de uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos: 2008. 362 p.

MOTA, Manoel Fernando P. **Avaliação da contaminação do solo e o transporte de contaminantes na área do antigo lixão da Marambaia – Nova Iguaçu/R.J**.; orientação Professora D.Sc. Elisabeth Ritter. Co-orientadora Professora Jucyara Carbonelli Campos – Rio de Janeiro: 2005.

NEGRÃO, P. **A Utilização de sistemas dedicados de baixa vazão para coleta de amostras de água subterrânea aumenta a precisão da amostra, reduz os custos do monitoramento em até 50% e o volume de descarte 90%.** Clean News. Clean. Enviroment Brasil. N4. 1997.

NETO, J. T. P. **Gerenciamento do Lixo Urbano: aspectos técnicos e operacionais.** Editora UFV, Viçosa - MG. 2007.

NUNES, J. D. R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha das áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente – SP**. Faculdade de Ciências e Tecnologias, Tese de Doutorado, 2002.

NUNESMAIA, Maria de Fátima. **A gestão de resíduos urbanos e suas limitações.** Revista Baiana de Tecnologia, Vol. 17, Nº. 1, Jan/abr, 120-129 p – 2002.

OLIVEIRA, Selena de; PASQUAL, Antenor. **Avaliação de parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário.** Revista Eng. Sanitária e Ambiental, Vol. 9, nº 3. Rio de Janeiro, Julho/setembro 2004.

PIVELI, Roque. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos físico-químicos.** Editora ND-ABES, 1ª edição, 2005, 285p.

ROCHA, Luiz Claudio Ribeiro; HORBE, Adriana Maria Coimbra. **Contaminação provocada por um depósito de lixo no Aquífero Alter do Chão em Manaus – AM.** Revista ACTA Amazônica, Vol. 36 p 307-312, 2006.

RODRIGUES, Francisco Cesar P. CAVINATTO, Vilma Maria. **LIXO – De onde vem? Pra onde vai?**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Moderna, 2003. 95 p.

SILVA, Rosana Silva. **Estudo do Potencial Energético dos Resíduos Depositados no Aterro Sanitário de Macaé-RJ com o Uso da Tecnologia de Digestão Anaeróbica Acelerada**. orientação Professor D. Sc. Paulo Rogério Nogueira de Souza. Co-Orientadora: Professora D. Sc Elza Maria Senra de Oliveira – Macaé: 2008. 86 p.

SEGALO, L. M. **Caracterização do chorume do aterro sanitário de Bauru**. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. III-39, ABES, 2000.

TRESSOLD, M.; CONSONI, A.J. (1994). **Disposição de resíduos**. In: Antônio Manoel dos Santos Oliveira e Sergio Nortan Alves de Brito (Org). Geologia de Engenharia. Cap. 21: p 361-380, São Paulo.

VELOZO, R. **Caracterização geológico-geotécnica do lixão de São Carlos-SP, com o auxilio da geofísica.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos: 2006. 177 p.

ANEXO 1

AMOSTRAGEM DE SOLOS

A amostragem de solos deve ser feita de forma criteriosa, de modo a representar da melhor maneira possível, a área a ser cultivada, para a possível avaliação das necessidades de corretivos. Uma amostragem defeituosa pode comprometer totalmente o cultivo, sempre com prejuízos significativos para o agricultor. Siga as instruções aqui fornecidas, para que a amostragem represente sua área a ser cultivada.

Coleta de amostras

A propriedade deve ser dividida em áreas de aproximadamente 10 hectares (100.000 m2), ou 4 alqueires, levando-se em consideração a homogeineidade do solo, quanto a cor, topografia, textura (argilosa ou arenosa) e adubação e calagem feitas em anos anteriores. Áreas desuniformes deverão ser amostradas separadamente, quando houver interesse. As áreas maiores deverão ser percorridas em zig-zag, como mostra a figura 1, retirando-se de 10 a 12 amostras por hectare (10.000 m2), combinando-as em uma amostra composta, que dará uma amostra a ser enviada ao laboratório. Áreas desuniformes deverão ser amostradas separadamente, seguindo o mesmo critério. Em cada ponto, afastar detritos e restos de cultura antes da amostragem.

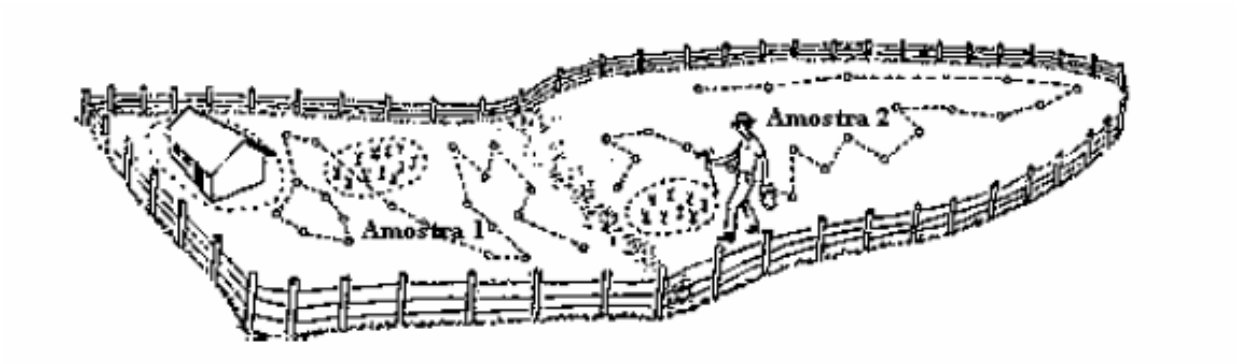


Figura 1.

Profundidade de Amostragem

As amostras devem ser retiradas a uma profundidade de 0 a 30 cm, a chamada "camada arável". Para culturas perenes, retirar as amostras dos locais onde o fertilizante vai ser aplicado.

Preparo da amostra a ser remetida ao laboratório

As amostras simples de cada área devem ser muito bem misturadas, constituindo a amostra composta. Desta, retirar 300g, para a remessa ao laboratório. As amostras devem ser acondicionadas em sacos plásticos fornecidos ou não pelo laboratório. Identificar as amostras cuidadosamente, de modo a que indique a propriedade, o local e o número da amostra.

Instrumentos utilizados

Estão representados na figura 2. O trado apresenta alguma vantagem em relação aos outros instrumentos, pois simplifica o trabalho de amostragem, permitindo que a homogeneização da amostra composta seja feita melhor e mais facilmente.

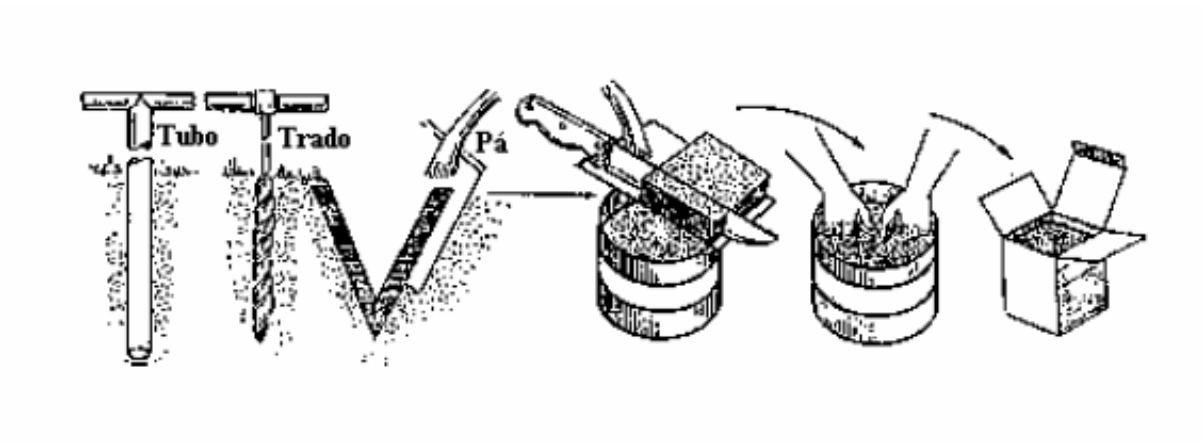


Figura 2.
OBS. Evitar misturar o solo em balde metal galvanizado

Remessa
As amostras devem ser bem acondicionadas e enviadas para o laboratório

OBSERVAÇÕES
FORMAS DE PAGAMENTO:
• CHEQUE NOMINAL: Agrilab Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais Ltda
CNPJ: 10.266.300/0001-70
• DEPÓSITO EM CONTA CORRENTE
BANCO DO BRASIL
AGÊNCIA 6854-3
C/C 1028-6
Enviar e-mail informando do depósito
• BOLETO BANCÁRIO
Fornecer dados para cobrança como: Nome completo, CPF ou CNPJ; Endereço postal, e-mail e telefone.
ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA
Agrilab Lab. Análises Agrícolas e Ambientais Ltda
Rua Marília, 100
Vila Antartica
Botucatu-SP
18608-560

ANEXO 2

METODOLOGIA PARA COLETA DE ÁGUA

A amostragem de água prevista nos Planos de Monitoração Ambiental da USIN e de Botuxim está prevista para ser efetuada através de bombeamento em baixa vazão. Para efetuar a coleta é necessário:

- Selecionar a bomba de bexiga ou peristáltica de acordo com a profundidade do nível d'água no ponto de monitoração: utilizar bomba peristáltica para coleta de água subterrânea com nível até 7 metros de profundidade ou bomba de bexiga para profundidades maiores;
- Utilizar bomba peristáltica para coleta de amostras de água superficial;
- Instalar sistema de bombeamento com substituição da tubulação envolvida para cada ponto de coleta conforme instrução operacional IO-COSAP-07;

Para coleta nos pontos de Água Superficial:

- Verificar as condições do local e o leito de água onde está prevista a coleta, para evitar influencias indesejáveis de materiais e resíduos dispostos no entorno do local.
- Po''sicionar a mangueira de polietileno de forma a evitar sucção de resíduos e sedimentos de fundo;
- Conectar a mangueira de alimentação à bomba peristáltica;
- Conectar a mangueira de saída da bomba à célula de fluxo;
- Limpar, testar e calibrar os equipamentos para as determinações físico-químicas;
- Registrar a identificação do poço na Ficha de Coleta de Águas Subterrâneas – Baixa Vazão
- Efetuar o bombeamento com baixa vazão;
- Efetuar o monitoramento dos parâmetros físico-químicos: pH, CE, Temp e Eh, registrando-os na Planilha de Campo;
- Iniciar a amostragem após a estabilização dos parâmetros com variação de: pH de 0,2, CE de 5%, Temperatura de 0,2ºC e Eh de 20mV;
- Coletar aproximadamente 6 litros de água em frasco(s) plástico(s);
- Encaminhar a amostra para preparação.

Para coleta nos pontos de Água Subterrânea

- Verificar as condições externas do poço de coleta (se choveu ou está chovendo; observar se entrou água da chuva no poço ou se há poça de água de chuva, etc.)
- Antes de iniciar a coleta, proceder à limpeza e drenagem do entorno do poço, se necessário;
- Abrir a tampa do poço
- Efetuar a Medição do Nível de Água procedendo conforme IO-COSAP-23

- Limpar, testar e calibrar os equipamentos para as determinações físico-químicas;
- Registrar a identificação do poço na Ficha de Coleta de Águas Subterrâneas – Baixa Vazão
- Ligar o sinalizador sonoro da trena com marcação milimétrica e sonda em aço inox;
- Introduzir a sonda lentamente no poço até que o sinalizador apite;
- Ajustar a posição correta da sonda na interface do nível de água;
- Fazer a leitura do nível, na trena junto ao bocal do tubo (obs. caso o tubo tenha sido cortado, medir o nível pelo ponto mais alto do tubo);
- Efetuar o bombeamento do poço com baixa vazão, monitorando o NA, de modo a evitar um rebaixamento acentuado do NA;
- Efetuar o monitoramento dos parâmetros físico-químicos: pH, CE, Temp e Eh, registrando-os na Planilha de Campo;
- Iniciar a amostragem após a estabilização dos parâmetros com variação de : pH de 0,2, CE de 5%, Temperatura de 0,2ºC e Eh de 20mV;
- Coletar aproximadamente 6 litros de água em balde ou frascos plásticos devidamente limpos;
- Fechar o poço;
- Transportar todo o material para a Sala de Preparação de Amostras.