

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

BRUNA DE LIMA FÁVARO

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE PROPRIEDADES QUÍMICAS DO
SOLO EM LIXÃO DESATIVADO DO MUNICÍPIO DE ROLÂNDIA-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**LONDRINA
2014**

BRUNA DE LIMA FÁVARO

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE PROPRIEDADES QUÍMICAS DO
SOLO EM LIXÃO DESATIVADO DO MUNICÍPIO DE ROLÂNDIA-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos

LONDRINA

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Avaliação Ambiental de Propriedades Químicas do Solo Em Lixão Desativado do Município de Rolândia-PR

Por

Bruna de Lima Fávaro

Monografia apresentada no dia 13 de agosto de 2014 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr Marcelo Eduardo Freres

(UTFPR)

Prof. Me. Marcelo Hidemassa Anami

(UTFPR)

Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos

(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Joseane Debora Peruço Theodoro
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

AGRADECIMENTOS

Agradeço fundamentalmente a Deus como instrutor do meu caminho, das minhas batalhas, por me dar força para continuar a caminhar e por estar sempre presente em minha vida.

Aos meus pais por serem meu porto seguro, obrigada pelo auxílio, amor, carinhos e sermões, pela compreensão e calma e principalmente pelo ensinamento de vida. A minha irmã, pelo carinho e afeto, pelos choros inocentes de saudade. Aos meus Avós e tia que acreditaram e me ampararam sempre. A todos os meus familiares que estavam me apoiando nessa jornada. Amo todos vocês.

Aos meus amigos, pelos momentos de alegrias e tristezas que me proporcionaram, pelos carinhos, parcerias, companheirismo, conselhos e auxílios, seja qual for o fato lembrado, obrigada por todos os momentos vividos, cada um sabe que tem um lugar especial no coração. As minhas amigas-irmãs, família que no começo era escolhida por de necessidade, mas que não poderia ter optado por melhor companhia diária, obrigada por estarem presentes sempre, pelo amadurecimento, pelas experiências vividas, que mesmo por nossas diferenças vivemos em alegria, carinho, harmonia. Obrigada.

Um especial agradecimento ao meu orientador Dr. Maurício Moreira dos Santos, pessoa na qual escolhi para me auxiliar nessa etapa, pois além de ter grande admiração profissional, tenho admiração pessoal, agradeço por me nortear, pelas sugestões oferecidas, pelo auxílio, paciência, e tempo doado, para a concretização desse trabalho.

“Não lastime as dificuldades que nos ensinam a viver,
ninguém aprende sem lições” (EMMANUEL).

RESUMO

FAVARO, Bruna Lima. Avaliação Ambiental de Propriedades Químicas do Solo em Lixão Desativado do Município de Rolândia – PR. 2014. 86 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina 2014.

A contaminação de solos, águas superficiais e subterrâneas por manejo inadequado da disposição final dos resíduos sólidos urbanos se tornou um grande problema. Áreas descritas como lixões, possuem deposição final imprópria dos resíduos, sem critérios geotécnicos, podendo assim alterar as propriedades naturais do local e de seu entorno, provocando impactos ambientais e a proliferação de vetores, com grande risco a saúde pública. A contaminação do solo é muitas vezes a maior causa de contaminação de corpos hídricos, pois os poluentes gerados através da decomposição do material disposto irregularmente no solo, percolam ou escoam para os corpos hídricos. A interação do chumbo com o solo é dada por cargas elétricas negativas presentes nos solos, e em contato com a matéria orgânica aumenta significativamente os seus teores de negatividade. Esse estudo teve por objetivo avaliar as propriedades químicas do solo do antigo depósito de resíduos do município de Rolândia –PR associados a prováveis impactos ambientais. Dessa forma, para facilitar essa avaliação a área de estudo foi dividida em 3 Zonas: jusante, talude e a zona de referência. Para as análises foram coletadas 5 amostras, o T001 para o talude, J001, J002 e J003 na jusante e o R001 para a zona de referência, foram retiradas cerca de 500 gramas de solo composto das camadas entre 0 e 20 cm de profundidade para todos os pontos. As análises foram feitas em um laboratório particular para: matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo disponível e remanescente, pH, CTC e o metal pesado chumbo. Os teores de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo apresentou maiores valores na amostra do talude, o pH, CTC e o chumbo exibiu maiores valores na jusante (J002), isso se dá pelo acúmulo de água nessa porção, em consequência do gradiente de declividade. Toda a área de influência do Lixão evidencia que existe contaminação, os valores obtidos da amostra de solo da área de depósito estão acima do habitual, como os valores de referência apresentados.

Palavras-chave: Contaminação, solo, disposição final, decomposição de resíduos.

ABSTRACT

FAVARO, Bruna Lima. Environmental Evaluation of Soil Chemical Properties in a Garbage Dump at Rolândia City – PR. 2014. 86 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bachelor of Environmental Engineering). – Federal Technological University of Parana (UTFPR), Londrina 2014.

The contamination of soils, superficial water and underground water due to inadequate handling of urban solid waste final disposal has become a great problem. Areas described as garbage dumps have an inappropriate waste final disposal, without geotechnical criteria, so it can alter natural properties from the site and its surroundings, resulting on environmental impact and spreading disease vectors, with great risk to public health. Soil contamination is often the greatest cause of hydrous body contamination, because the pollutants generated through the decomposition of the material irregularly disposed in the soil percolate or seep to the hydrous body. The leachate interaction with the soil is given by negative electrical charges present in soils, which in contact with organic matter significantly increase its negativity levels. This study aimed to evaluate the chemical properties of the soil from Rolândia City former waste dump associated with potential environmental impact. Thus, to ease this evaluation the studied area was divided into 3 zones: downstream, slope and reference zone. There were 5 samples collected for the analysis, T001 for slope, J001, J002 and J003 for downstream and R001 for reference zone, 500 grams of soil composed by layers between 0 and 20 cm deep for all spots. Analysis were made in a private laboratory for: organic matter, total nitrogen, available and remnant phosphorus, pH, CTC and lead heavy metal. Organic matter, nitrogen and phosphorus levels were higher in the slope samples, pH, CTC and lead levels were higher in the downstream (J002), that is given by the water accumulation at this portion, because of the slope gradient. The garbage dump whole influence area shows that there is contamination, the values obtained from the soil samples at the dump are higher than usual, as the reference values presented.

Key-word: Soil Contamination, Final Disposal, Waste Decomposition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caracterização e classificação de resíduos sólidos.	15
Figura 2 - Gráfico com percentual dos componentes encontrados nos resíduos sólidos urbanos no período de 24 a 28 de agosto de 2004 do município de Rolândia - PR.	17
Figura 3 - Nitrogênio Amoniacal em Função do pH.	29
Figura 4 - Mapa de localização da área de estudo.	37
Figura 5 - Exemplo de malha de amostragem de solo em locais suspeitos de contaminação do estrato não-saturado.	43
Figura 6 - Imagem de satélite mostrando o antigo lixão de Rolândia dividido em partes 4 Zonas: (1) se refere a Zona à Jusante; (2) indica a Zona de Talude; (3) Zona de Referência, em relação ao solo natural (possivelmente livre de co livre de contaminação) e a Zona de Montante (delimitada/tracejada em vermelho), indicando a cobertura final do lixão.	44
Figura 7 - Mapa topográfico ilustrando corte esquemático A-B, na área de estudo. .	45
Figura 8 - Seção geotécnica ilustrando, superfície do terreno, delimitação das Zonas 1 e 2 de coleta, profundidades da zona não saturada e superfície freática.	45
Figura 9 - Pontos selecionados para amostragem de solo na área de estudo. T – Talude; J; Jusante e R – Referência.	46
Figura 10 - Foto mostrando área do talude do antigo depósito de resíduos coberta por vegetação.	47
Figura 11 - Foto do talude do antigo depósito de resíduos mostrando a inclinação do terreno.	47
Figura 12 - Ilustração do saco plástico disponibilizado pelo laboratório para acondicionamento de amostras.	49
Figura 13 - Coleta de amostra de solo do talude denominado de Zona 2, do lixão do município de Rolândia.	50
Figura 14 - Coleta de amostra, correspondendo o ponto J001 - Zona 1 da área de disposição de resíduos.	51
Figura 15 - Segundo ponto selecionado para coleta de solo (J002), ilustrando o acúmulo de água no local após a ocorrência de precipitação.	51
Figura 16 - Foto mostrando o ponto J002, após a coleta de solo.	52
Figura 17 - Foto ilustrando a coleta de solo do ponto J003.	52
Figura 18 - amostrador utilizado pelo laboratório.	54
Figura 19 - pHmetro utilizado pelo laborsolo.	55
Figura 20 - Teores de matéria orgânica das amostras analisadas.	58
Figura 21 - Teores de nitrogênio total nas amostras.	60
Figura 22 - Teores de fósforo nas amostras.	61
Figura 23 - Teores de CTC nas amostras.	62
Figura 24 - Teores de pH nas amostras.	63
Figura 25 - Teores de Chumbo nas amostras.	65
Figura 26 - Comparativo entre os valores de pH, CTC e o Chumbo.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Íons que podem ser encontrados no chorume e possíveis fontes.....	20
Tabela 2 - Descrição dos quatro dos poluentes que contem no chorume.....	20
Tabela 3 - Definição dos termos empregados a cada espécie de nitrogênio	28
Tabela 4 - Classificação dos metais.....	32
Tabela 5 - Principais Fontes de contaminação do solo com metais pesados	33
Tabela 6 - Concentração de metais no solo.....	34
Tabela 7 - Coordenadas dos Pontos de coleta	48
Tabela 8 - Procedimento no Laboratório	53
Tabela 9 - Valores de referência do chumbo.....	56
Tabela 10 - Resumo do laudo das análises químicas	57
Tabela 11 - Comparativo dos valores de chumbo encontrado e de valores de orientação.....	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 JUSTIFICATIVA	13
4 REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1 CONCEITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	14
4.2 A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	16
4.3 IMPACTO AMBIENTAL E CONTAMINAÇÃO	18
4.4 CHORUME E SEUS CONSTITUINTES.....	19
4.5 O SOLO E OS CONTAMINANTES.....	21
4.5.1 Interação solo e pH.....	24
4.5.2 Interação solo e matéria orgânica.....	25
4.5.3 Interação solo e capacidade de troca catiônica (CTC)	26
4.5.4 Nitrogênio Total, Nitrito, Nitrato e Nitrogênio Amoniacal.....	27
4.5.5 Fósforo.....	30
4.5.6 Metais pesados e o Chumbo (Pb)	31
4.5.6.1 Chumbo e a Saúde Humana.....	34
5 MATERIAIS E MÉTODOS	37
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
5.1.1 Localização da Área	37
5.1.2 Solos.....	39
5.1.3 Geologia.....	40
5.1.4 Aspectos Climáticos.....	41
5.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA PARA COLETAS DAS AMOSTRAS DE SOLO	42
5.3 MÉTODO DE COLETA	49
5.4 ANÁLISES QUÍMICAS.....	53
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
6.1 MATÉRIA ORGÂNICA	58
6.2 NITROGÊNIO TOTAL.....	59
6.3 FÓSFORO	60
6.4 CTC.....	62
6.5 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH).....	63
6.6 CHUMBO	64
7 CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS	69
ANEXO 1	78

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional aliado à melhoria da qualidade de vida apresentada nas últimas décadas provocou a expansão dos grandes centros urbanos e o aumento significativo do setor industrial, impulsionado por um maior consumo de produtos industrializados, ocasionando, conseqüentemente, uma maior geração de resíduos sólidos urbanos.

Logo, o manejo dos resíduos sólidos urbanos se tornou um desafio, requerendo planejamento e tratamentos adequados, já que, se dispostos de forma inadequada acarretam problemas ambientais e sociais.

Porém, muitos municípios brasileiros não possuem políticas públicas para a adequada gestão dos resíduos, acarretando a sua deposição final em áreas impróprias, sem preparação e critérios geotécnicos para o seu recebimento, ou seja, em locais de solo exposto, sem impermeabilização e compactação adequada, muitas vezes sem a instalação de drenos para gases e chorume.

Áreas como estas descritas são denominadas lixões ou áreas de vazadouro a céu aberto, onde a deposição imprópria dos resíduos sólidos pode alterar as propriedades naturais do local e de seu entorno, aumentando o risco de contaminação de solo, água, ar, além da proliferação de vetores causando danos ambientais e à saúde pública.

A contaminação do solo é uma das mais notórias causas da degradação de corpos hídricos. Os poluentes gerados pela decomposição dos resíduos sólidos escoam ou percolam através do solo, contaminando águas superficiais e subterrâneas.

O processo de dissolução de diferentes compostos químicos dos resíduos sólidos em decomposição somado a outros fatores como: precipitação, umidade, oxigênio disponível, temperatura e pH, dão origem aos poluentes. Assim, o material decomposto origina uma substância líquida chamada chorume, que em contato com o solo altera suas propriedades químicas naturais (COSTA, 2002).

A interação do lixiviado com o solo é dada pela carga elétrica negativa do solo. Os solos da região norte do Paraná é em sua maioria constituída de argilos minerais, que em conjunto com a matéria orgânica provoca o aumento da carga

negativa do solo, fazendo que determinados compostos carregados positivamente fixem no solo superficial. A medida que esse processo avança, outros compostos carregados negativamente se repelem, conseqüentemente escoam ou infiltram sobre o solo, (CLEMENTE, 2001; ALBUQUERQUE, et al., 2006; TEIXEIRA, 2008),

Segundo Lauermann (2007), o chorume é um líquido formado a partir de reações físico-químicas e de ação de micro-organismos na decomposição da matéria orgânica presente em áreas de vazadouro. O lixiviado contém diferenciadas substâncias, tais como ácidos orgânicos, voláteis, bactérias, metais pesados, sais de íons inorgânicos e compostos orgânicos voláteis mais comuns (BAIRD et al 2011).

O lixão do município de Rolândia - PR recebia os mais diversos tipos de resíduos, com composição variável e origens desconhecidas desde os anos 40 até que foi decretado o seu encerramento pela prefeitura municipal após cerca de 60 anos de funcionamento (MELO, 1999).

De acordo com Melo (2004), o lixão do município de Rolândia - PR também era deficiente com relação a impermeabilização da base do aterro, além de compactação inadequada e ausência de cobertura constante dos resíduos depositados, drenos para chorume e sistema de coleta do percolado. Segundo a mesma autora, após a sua desativação no ano de 2001, cobriu-se o montante ali exposto apenas com solo, formando em seus limites de vertente um talude com cerca de 8 a 10 metros de altura e sem qualquer tipo de projeto de recuperação ambiental da área.

Assim, o encerramento do antigo lixão ocorreu sem qualquer adequação em relação a critérios técnicos sanitários que visam a proteção ambiental.

Desse modo, tendo em vista a problemática apresentada, apresenta os riscos de contaminação do solo e dos recursos hídricos no entorno do lixão são altíssimos. Dessa forma são necessários estudos que visem avaliar os impactos ambientais causados pela degradação do lixo condicionado durante anos sob a massa de solo aterrada.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente estudo é avaliar, a partir de uma perspectiva ambiental, uma série de propriedades químicas do solo no entorno do lixão desativado no município de Rolândia - PR, especialmente os efeitos cumulativos do chumbo (Pb) na área após anos de disposição de resíduos sólidos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigação de campo para seleção de áreas para coleta de amostras deformadas de solo.
- Avaliar parâmetros químicos do solo no entorno do lixão desativado de Rolândia em áreas previamente selecionadas.
- Comparar a composição e anomalias químicas presentes no solo em áreas selecionadas no entorno do lixão desativado de Rolândia – PR, juntamente com valores orientadores de contaminação para solos.

3 JUSTIFICATIVA

A inadequada disposição final de resíduos sólidos urbanos ocasiona umas das principais causas de contaminação de solo e dos recursos hídricos, gerando grandes impactos ambientais. A maioria das cidades brasileiras depositam resíduos sólidos no solo, sem um estudo prévio e o devido cuidado com o meio ambiente, nesse sentido a partir da Lei nº 12.305 de 2010 em seu Art. 54 prevê que todos os municípios brasileiros deverão desativar todos os lixões existentes até agosto de 2014.

Mesmo que encerrado as atividades dos lixões, é necessário o monitoramento da área desativada, pois mesmo que ocorra lentamente, a decomposição dos resíduos sólidos depositados perdurará por décadas, alterando ambientalmente o local onde se encontra a área de recebimento de resíduos e o seu entorno, provocando a geração de gases, e a formação de chorume, que é o principal meio de contaminação do solo e das águas.

O chorume tem um alto grau de contaminação e o solo é o primeiro receptor deste líquido, podendo nesse caso reter determinando constituintes orgânicos e inorgânicos, ou ainda infiltrar para zonas saturadas e escoar superficialmente.

Por meio de investigações geotécnicas e da química dos solos pode-se determinar o grau de compostos retido/acumulados superficialmente no solo após uma década de desativação do lixão, analisando assim o grau de contaminação do local, e os possíveis efeitos que esses compostos em excesso podem causar ao meio ambiente e conseqüentemente a saúde humana. Assim, a presente pesquisa pretende contribuir como modelo de investigação para outras áreas de semelhantes impactos e cooperar para o enriquecimento de informação pelo tema proposto.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 CONCEITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A NBR 10.004, de 2004, redigida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), define o termo 'resíduos sólidos' como:

“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 inviável em face à melhor tecnologia disponível” (ABNT, 2004).

Ainda de acordo com a classificação da NBR 10.004/04 os resíduos sólidos são divididos em dois grupos – Classe I: Perigosos e Classe II: Não Perigosos, sendo este subdividido em dois subgrupos – Classe II A: Não Perigosos - Não Inertes e Classe II B: Não Perigosos – Inertes, como pode ser observado em fluxograma esquemático apresentado na Figura 1.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) classifica os resíduos de acordo com sua natureza ou origem. Descrevendo onze possíveis categorias, sendo elas:

“a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas; b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”; d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”; e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”; f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais; g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS; h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis; i) resíduos agropecuários e silviculturais: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades; j) resíduos de serviços de

transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira; k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios” (BRASIL, 2010).

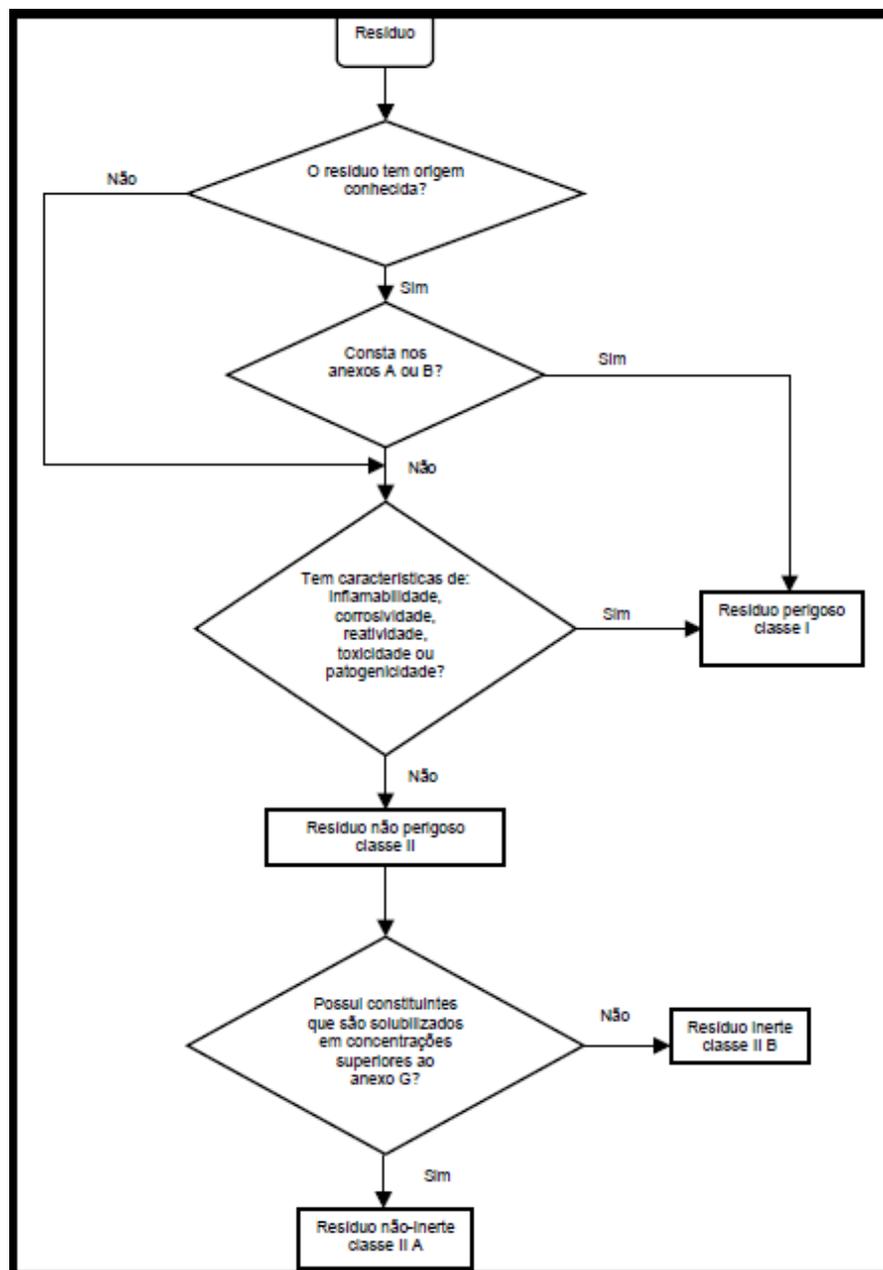


Figura 1 - Caracterização e classificação de resíduos sólidos.
Fonte: ABNT NBR 10004 (2004).

Quanto à degradabilidade podem-se classificar os resíduos em: facilmente degradáveis, moderadamente degradáveis, dificilmente degradáveis e não degradáveis (FARIA, 2002).

4.2 A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A sociedade moderna é vista como um modelo de desenvolvimento com elevado padrão de produção e consumo, relacionado ao elevado crescimento populacional, causando preocupação com saneamento básico e com esgotos domésticos e resíduos gerados (BRAGA et al., 2005).

Conforme Melo et al (2011), os resíduos gerados eram basicamente compostos por restos orgânicos, mas pelo rápido avanço populacional, relacionado à melhoria da condição de vida, cresceu o consumo de produtos descartáveis nas cidades.

O desenvolvimento de produtos industrializados, logo produtos descartáveis, auxiliou no aumento da geração de resíduos sólidos, ocasionando dificuldades na disposição final dos resíduos (PELLEGRINO, 2003).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010, indica o tipo de destino final dos resíduos sólidos em relação aos números de municípios brasileiros no ano de 2008, de 5564 municípios brasileiros 5448 fazem destinação dos resíduos sólidos, segundo as grandes regiões, totalizando um volume de 183,488 toneladas por dia de resíduos Sólidos coletados no Brasil.

Conforme os dados oficiais apresentados novamente pelo (IBGE, 2010), sobre o destino final dos resíduos sólidos, por unidade de destino no Brasil, no ano de 2000 cerca de 72,3% eram destinados a áreas de vazadouro a céu aberto, 9,6% em aterros controlados e apenas 1,1% em aterros sanitários, no ano de 2008 ocorreu um decréscimo nas áreas de vazado a céu aberto, com 50,8% dos resíduos brasileiros ainda sendo dispostos erroneamente nessas áreas, cerca de 22% em aterros controlados e ocorrendo um pequeno aumento na disposição final em aterros sanitários no ano de 2008, com 27,7%.

Melo et al (2011) constatou que o município de Rolândia - PR, em 2001, produzia em média diário de 29 toneladas de resíduos domiciliares, com uma estimativa populacional na época de 48,666 habitantes.

Pesquisas realizadas por Melo (2004) demonstram a composição de resíduos sólidos coletados no município de Rolândia - PR, sendo 51,38% dos resíduos biodegradáveis, seguindo de borracha, madeira e os demais materiais (Figura 2).

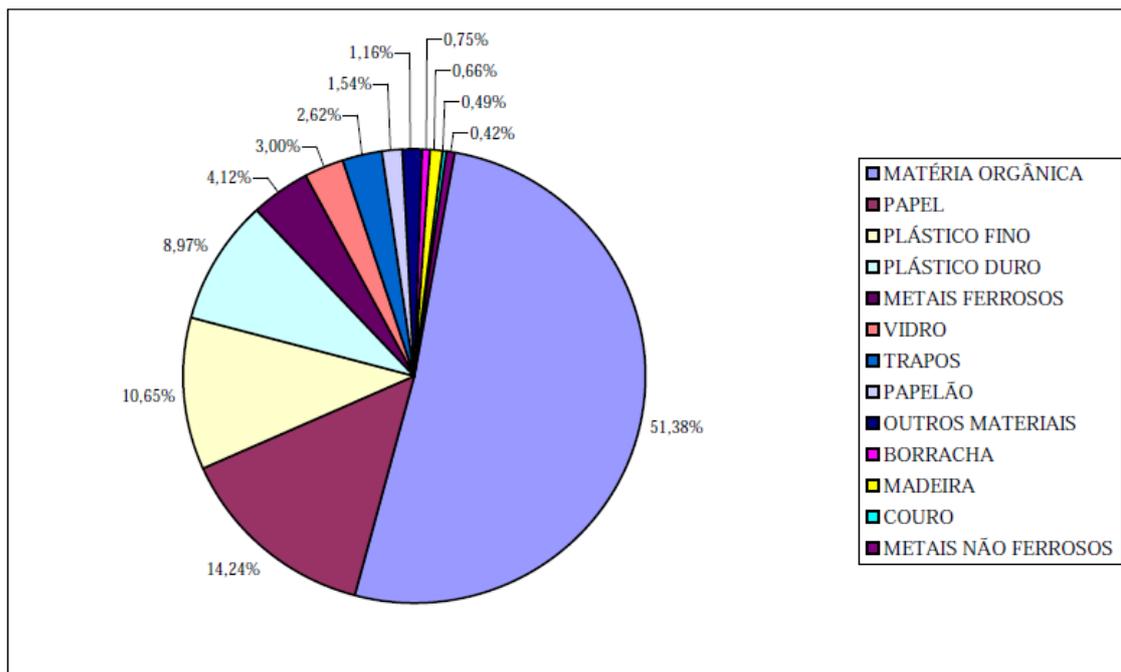


Figura 2 - Gráfico com percentual dos componentes encontrados nos resíduos sólidos urbanos no período de 24 a 28 de agosto de 2004 do município de Rolândia - PR.
Fonte: Melo (2004).

A destinação errônea dos resíduos sólidos acarreta inúmeros riscos ecológicos, envolvendo a saúde pública e aspectos sanitários (FARIA, 2002).

A deposição de resíduos sólidos a céu aberto, sem compactação ou cobertura dos resíduos, favorece a poluição ar, solo e água, ao lado com a propagação de vetores de doenças (CASTILHOS et al., 2003).

Antigamente eram selecionadas áreas sem infraestrutura adequada para evitar impactos ambientais, essas áreas de disposição de resíduos são consideradas hoje, comprometidas e são responsáveis pela poluição causada em seu entorno (SISSINO; MOREIRA, 1996).

4.3 IMPACTO AMBIENTAL E CONTAMINAÇÃO

Segundo a resolução do CONAMA Nº. 001/86 impacto ambiental é:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais” (BRASIL, 1986).

A presença de um fator ou uma substância que altera os aspectos do meio ambiente, sem comprovação de dano ou malefício, utilizasse o termo poluição, a partir da constatação de efeito prejudicial dessas substâncias empregasse o termo contaminação, este termo também é designado conforme o acúmulo da substância (TEIXEIRA, 2008).

Para Alloway; Ayres (1997), o termo contaminação é aplicado quando necessita de métodos de análise e diagnóstico para verificar os possíveis contaminantes e impactos causados, pois os efeitos nocivos não são evidentes no ambiente.

Segundo a CETESB (2013) a introdução de quaisquer substâncias ou resíduos depositados, acumulados armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada em uma área, acidental ou até mesmo natural, comprovando a poluição ou contaminação do mesmo é considerada uma área contaminada. Os poluentes ou contaminantes encontra-se em diferentes compartimentos do ambiente, como: solo, sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas, ou seja, em zonas saturadas ou não saturadas do solo.

O conceito da proteção do solo só foi visto após problemas ambientais de outros países decorrentes da poluição de corpos hídricos e atmosféricos. Sendo o último tema a ser abordado pelas políticas ambientais, a partir da década de 70 foi direcionada mais atenção à proteção de solos, principalmente os que recebiam resíduos de diversas espécies (CETESB, 2001).

Por muitos anos o solo era erroneamente visto como um receptor infinito de resíduos, que a capacidade de atenuação de substâncias nocivas era ilimitada, conseqüentemente os impactos provocados seria reparados naturalmente pelo solo (SANTOS, 2004).

Um dos impactos causados por áreas de vazadouro é a ação do chorume, que diluído pela ação da água da chuva, através do escoamento para corpos d'água ou pela infiltração até atingir os aquíferos, compromete a qualidade do solo e conseqüentemente das águas subterrâneas e superficiais (PELLEGRINO, 2003).

A periculosidade de um resíduo segundo a NBR 10.004 (2004) é caracterizada em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que podem apresentar: a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

Os agentes nocivos presentes nos lixões atinge a saúde humana, direta ou indiretamente, pode incidir em contato direto do agente contaminante e o humano, ou de modo indireto, pelo aumento de um fator de risco, como a dispersão pelo ar, corpos d'água superficiais, permeabilidade no solo e contaminação de águas subterrâneas (CAVALCANTE; AMORIM, 2007).

4.4 CHORUME E SEUS CONSTITUINTES

O chorume é um líquido de coloração escura e de odor desagradável, altamente contaminante, formado a partir de reações químicas, físicas e pela ação de microrganismos na decomposição da matéria orgânica, presente em áreas de vazadouro (LAUERMANN, 2007).

Em conformidade com Bastos (2011) o termo chorume é tradicionalmente empregado ao líquido resultante da decomposição dos resíduos, a denominação percolato foi empregada posteriormente a nível técnico e o processo de percolação, é a passagem de um líquido através dos poros do solo, conceitua se como lixiviado.

Segundo Baird (2002), o chorume carrega contaminantes como os ácidos orgânicos voláteis, bactérias, metais pesados, sais de íons inorgânicos comuns e compostos orgânicos voláteis mais comuns, prejudicando o meio ambiente e a saúde da população. A Tabela 1 mostra íons encontrados no chorume em relação a possíveis fontes de contaminação.

Conforme Sissino; Moreira (1996), o líquido percolato, tende a escorrer e alcançar os corpos hídricos superficiais, concomitantemente pode infiltrar no solo e

atingir os corpos hídricos subterrâneos, comprometendo sua qualidade, conseqüentemente, seu uso.

As concentrações do percolado variam de acordo com a composição dos resíduos que estão depositados no lixão, e com as condições ambientais da região, como a precipitação, umidade, o oxigênio disponível, temperatura e o pH (COSTA, 2002).

Tabela 1 - Íons que podem ser encontrados no chorume e possíveis fontes

Íons	Fontes
Na, K, Ca, Mg	Material orgânico, entulhos de construção, casas de ovos
P, N, C	Material orgânico
Al	Latas descartáveis, cosméticos, embalagens laminadas em geral
Cu, Fe, Sn	Material eletrônico, latas, tampas de garrafas
Hg, Mn	Pilhas comuns e alcalinas, lâmpadas fluorescentes
Ni, Cd, Pb	Baterias recarregáveis (celular, telefone sem fio, automóveis)
As, Sb, Cr	Embalagens de tintas, vernizes, solventes orgânicos
Cl, Br, Ag	Tubos de PVC, negativos de filmes e raio-X

Fonte: Rodrigues (2004).

Os poluentes que contêm no chorume podem ser diferenciados em quatro grupos (compostos orgânicos Xenobióticos, matéria orgânica dissolvida, macrocomponentes inorgânicos, metais pesados), conforme especifica a Tabela 2 (KJELDSEN et al., 2002).

Tabela 2 - Descrição dos quatro dos poluentes que contêm no chorume

Grupos	Descrições
Matéria orgânica dissolvida	Quantificado como Demanda Química de Oxigênio (DQO) ou Carbono Orgânico Total, ácidos graxos voláteis (que se acumulam durante a fase ácida do processo de estabilização de resíduos) e compostos mais refratários, tais como compostos fúlvicos e húmicos.
Compostos orgânicos xenobióticos	Provenientes de uso domésticos ou industrial de produtos químicos e presente em concentrações relativamente baixa (geralmente inferior a 1 mg/l de compostos), estes compostos incluem, entre outros, uma variedade de hidrocarbonetos, aromáticos, fenóis, compostos, alifáticos clorados, pesticidas e material plastificantes.
Macrocomponentes	Cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), amônia (NH_4^+), ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-).
Metais pesados	Cádmio (Cd^{2+}), cromo (Cr^{3+}), cobre (Cu^{2+}), chumbo (Pb^{2+}), níquel (Ni^{2+}) e zinco (Zn^{2+}).

Fonte: Kjeldsen et al, (2002).

De acordo com Moraes (2005), são quatro fatores que influenciam na composição do contaminante: Características dos resíduos como composição dos resíduos, sua granulometria, umidade, estágio de decomposição e pré-tratamento; Condições ambientais, geologia, regime pluviométrico e clima; Característica do local de disposição, conforme aspectos construtivos, balanço hídrico, grau de compactação dos resíduos, propriedades do terreno; Processo interno como hidrólises, adsorção, biodegradação, especiação, dissolução, redução, troca iônica, tempo de contato, partição, troca e transporte de gás.

Segundo Costa (2002), o processo de decomposição da matéria orgânica se dá através de processos anaeróbicos e aeróbicos, ou seja, tanto na ausência e quanto na presença de oxigênio respectivamente, transformando resíduos biodegradáveis em líquidos e gases. A concentração da matéria orgânica no chorume pode chegar a 100 vezes a mais do que o valor da concentração em esgotos domésticos.

O constante despejo de resíduos gera rápidas camadas de cobertura nos lixões, restringindo a fase aeróbia pela falta de oxigênio, conseqüentemente predomina a fase anaeróbia, nesta fase são gerados inicialmente dióxido de carbono, água, amônia (COSTA, 2002).

Conforme Bastos (2011), o percolado tende ao meio ácido, apresentando alto teor de matéria orgânica biodegradável, denomina-se “lixiviado novo”, quando o lixiviado é “velho”, é caracterizado por um líquido básico e possui material recalcitrante, forma geralmente quando o aterro se encontra na fase metanogênica.

Cessada as atividades do lixão, pode haver a formação de chorume por até quinze anos ou mais, o tempo está associado vários fatores e condições do meio, tornando o local impróprio para atividades relacionadas ao solo (POSSAMAI et al., 2007).

4.5 O SOLO E OS CONTAMINANTES

A Resolução nº 420 de 2009, regida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o

gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, considera que:

...a existência de áreas contaminadas pode configurar sério risco à saúde pública e ao meio ambiente; Considerando a necessidade de prevenir a contaminação do subsolo e das águas subterrâneas que são bens públicos e reservas estratégicas para o abastecimento público e o desenvolvimento ambientalmente sustentável; Considerando a necessidade de estabelecer critérios para definição de valores orientadores para a prevenção da contaminação dos solos e de definir diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas; Considerando que a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, impõe ao poluidor e ao degradador a obrigação de recuperar e/ou indenizar danos causados; Considerando que a Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002, determina, em seu art. 1.228, § 1º, que o direito de propriedade deve ser exercido de modo que sejam preservados a flora, a fauna, as belezas naturais, o equilíbrio ecológico e o patrimônio histórico e artístico, bem como evitada a poluição do ar e das águas; e Considerando a necessidade de estabelecimento de procedimentos e critérios integrados entre os órgãos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios em conjunto com a sociedade civil organizada, para o uso sustentável do solo, de maneira a prevenir alterações prejudiciais que possam resultar em perda de sua funcionalidade (BRASIL, 2009).

Segundo Teixeira (2008), o solo é caracterizado como um sistema dinâmico e multifásico, no qual ocorrem mudanças constantes, é formado por materiais de diferentes composições, seguindo as características da rocha matriz, o clima o relevo e a vegetação.

A formação do solo tem ação combinada dos fatores: clima, natureza dos organismos, material de origem e relevo, esses fatores ao longo do tempo, caracteriza os estágios de sucessão, por profundidade, composição, propriedades e os horizontes do solo. O intemperismo aumenta a profundidade do solo com velocidades crescentes de pluviosidade, umidade e temperatura, consequentemente dando as particularidades mineralógicas (BRAGA et al., 2005).

A composição mineralógica do solo é variada, os minerais são divididos em dois grupos, os minerais primários e secundários. Os minerais primários são aqueles formados em temperaturas altas, têm origem de rochas ígneas ou metamórficas e que não altera a estrutura, como exemplo os quartzos, feldspato e os piroxênios, micas, anfibólios e olivinas, os secundários são alterações dos minerais primários e formados em temperaturas inferiores aos primários, os mais comuns são os argilos minerais: caulinita, vermiculita e as esmectita e os óxidos, hidróxidos e oxidróxidos como: Fe, Mn, Al e Ti (TEIXEIRA, 2008).

Segundo Clemente (2001), o desenvolvimento dos solos, nas regiões sul e sudeste do Brasil, se dá em climas quentes, com regime de chuvas moderadas a intensas, são solos com fração de argila, no qual apresenta alta concentração de ferro e alumínio em forma de óxidos e hidróxidos, dando a característica avermelhada do solo (ALBUQUERQUE, et al. 2006).

De acordo com Teixeira (2008) a principal fonte de carga elétrica negativa nos solos tropicais e subtropicais são os argilos minerais que presentes no solo têm cargas negativas baixas, em contato com a matéria orgânica, as cargas negativas aumentam, isso se dá pela facilidade da matéria orgânica de dissociar seus íons em pH baixo.

Segundo Weber et al (2005) o material resultante do intemperismo sofre interação química que resulta em minerais, os íons dessa interação estão dispostos no solo. São chamados fenômenos de superfície maiorias das reações que ocorrem na fração mineral da argila e na matéria orgânica coloidal, tais como, adsorção - dessorção de íons, dissolução - precipitação, oxidação - redução, processos biológicos e complexação.

As cargas elétricas variam no solo devido à adsorção e dessorção de íons (H^+ e OH^-) dispostos na superfície, com pH baixo (ácido), ocorre a interação com as hidroxilas, que dará origem as cargas elétricas positivas, com pH elevado (básico) ocorre o oposto, ressalta essas reações no grupos de óxidos e hidróxidos de Al, Fe, Mn, Si e Ti (SPARKS, 1998).

Conforme Teixeira (2008) o processo complexação também é um fenômeno de adsorção, quando um cátion metálico reage com um ânion, como exemplo: OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_3^{3-} , por ligação covalente, ocorre complexação também pela matéria orgânica, a estabilidade do complexo é dependente do número de ligações entre a matéria orgânica e o íon metálico, quanto maior o número de ligações, mais estável é o complexo.

A transferência de soluto da fase aquosa para os sólidos do solo ocorre pelo chamado processo de precipitação, formando novos compostos com retículos cristalinos insolúveis, o inverso desse processo se chama dissolução (YONG et al., 1996).

Conforme Gomes et al (2006), o intemperismo que ocorre no solo tem relação importante sobre os líquidos gerados pela degradação dos resíduos, pois a medida que infiltra os líquidos com a ação da água de precipitação no solo,

acumulam os constituintes do solo que absorvem os contaminantes presentes no chorume.

O contato do contaminante com o solo e o meio ambiente, modifica as interações químicas e físicas do processo de deslocamento de um contaminante, o fenômeno mais importante para a retenção de substâncias químicas no solo é a adsorção, porém em determinadas condições do solo um determinado fenômeno de superfície pode ser mais importante que o outro. (YONG et al.,1996).

4.5.1 Interação solo e pH

Conforme Di Bernardo et al (2002), o pH varia na faixa de 0 a 14, representa a concentração de íons de hidrogênio H^+ , demonstra condições de acidez, neutralidade ou alcalinidade. A interpretação geral dos valores de pH no solo esta distribuída como:

- pH < 7: condições ácidas, a capacidade de troca passa a ter domínio;
- pH = 7: Neutralidade;
- pH > 7: condições básicas, os mecanismos de precipitação tende a dominar.

A interação entre o solo e o contaminante sofre influência direta dos valores pH, no meio, ou seja, níveis elevados de pH (básico) , pode resultar numa maior densidade de cargas de superfície negativa, no solo, apresentando nessa condição, solução tem íons de OH^- , ao passo que para pH apresentando valores baixo (ácido) ocorre íons H^+ (SOARES, 2006).

Além disso, a capacidade de troca catiônica (CTC) no solo, é diretamente proporcional ao valor de pH, quando o mesmo pH aumenta, resulta na consequente elevação da CTC (TEIXEIRA, 2008).

Para Teixeira (2008) as cargas negativas no solo tropical e subtropical variam o pH entre 4 e 7. As cargas negativas da matéria orgânica estão relacionadas diretamente com o pH, e conseqüentemente ao acréscimo da

capacidade de troca de cátions. As dissociações dos íons da matéria orgânica ocorrem com facilidade em pH baixo. Através do pH pode-se avaliar se no solo predomina cargas positivas ou negativas.

Em relação aos metais, o pH tem forte influência. O íon de hidrogênio (H^+) auxilia as reações de neutralização, com os minerais básicos presentes no solo, diminuindo a concentração de H^+ , os minerais básicos tendem a reagir com os cátions metálicos solúveis nos contaminantes ácidos (ELBACHÁ, 1989).

O pH modifica as atividades enzimáticas, a solubilização e a toxicidade dos compostos que estão dispostos nos lixões. O valor do pH também indica a fase de decomposição que se encontra os resíduos sólidos, como exemplo quando o pH está próximo de 6,0 indica que o lixão ou aterro está em fase ácida de degradação, se estiver em torno de 8,0 indica a fase final de degradação anaeróbia, a fase metanogênica (GIORDANO et al., 2011).

4.5.2 Interação solo e matéria orgânica

A matéria orgânica que está superficialmente presente no solo possui relação fundamental com a química do solo, pois possui capacidade de interagir com outros componentes ali presentes (MEURER, 2004).

De acordo com Rocha et al (2009), a matéria orgânica presente no solo, é a mistura de vários estágios de decomposição, resultado de degradações químicas e biológicas dos resíduos bem como, de atividade de síntese dos microrganismos, chamada de substância húmica do solo.

As substâncias húmicas possuem características oxirreguladores, influenciando nas espécies metálicas, na entrada de gases orgânicos e inorgânicos, formando agentes complexantes, pode influenciar no transporte, no acúmulo, toxicidade, biodisponibilidade de espécies metálicas e nutrientes (ROCHA et al., 2009).

Conforme Meurer (2004), a matéria orgânica do solo influencia a produtividade do solo em função dos inúmeros efeitos que afetam a disponibilidade de nutrientes, capacidade de troca catiônica (CTC), a amenização do efeito de

compostos tóxicos, capacidade de infiltração e retenção de água, aeração e atividade biológica. Depende fundamentalmente do balanço entre Carbono adicionado e a taxa de decomposição.

A matéria orgânica tem grande importância na retenção de contaminantes. Possui somente 5,00 % dos componentes sólidos, sendo responsável pela capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos, cerca de 30,00 % a 65,00 % em solos minerais e de 50,00 % em solos arenosos e orgânicos (SANTOS, 2004).

4.5.3 Interação solo e capacidade de troca catiônica (CTC)

A CTC do solo consiste na quantidade de cargas negativas presentes nas superfícies das frações coloidais. As cargas conferem na capacidade do solo de adsorver cátions, quando adsorvidos, mantem o equilíbrio com os que estão dissolvidos na solução do solo, as formas que estão solúveis nada mais é que as que podem ser absorvidas pelas plantas. Argila, matéria orgânica e os óxidos e hidróxidos são os minerais que definem a CTC do solo, segundo suas naturezas e níveis de ocorrência (TSUTIYA et al., 2002).

A capacidade de troca iônica corresponde à máxima adsorção de íons trocáveis externamente da esfera, já os íons adsorvidos têm o objetivo de balancear a carga elétrica da superfície da partícula (TEIXEIRA, 2008).

De acordo com Teixeira (2008) uma das principais contribuições para o aumento da CTC no solo é a matéria orgânica, fonte de cargas negativas nos solos tropicais e subtropicais, ela dissocia seus íons com maior facilidade em pH baixos, em torno de 3,5.

Quanto mais alta for a CTC de um solo, mais retenção de cátions pode ocorrer. Vários são os fatores que afetam a CTC do solo, os três principais são a textura, quantidade e tipo de argila e o teor de matéria orgânica (SOARES, 2006).

Para Teixeira (2008), em investigações ambientais a CTC é de grande interesse, pois é uma propriedade importante no solo, no qual pode-se avaliar o comportamento de íons metálicos. Conforme a adsorção específica de um íon, a CTC pode aumentar, assim aumentando a carga negativa, como exemplo o ânions

de fosfato, silicato sulfatos. A interação da matéria orgânica com os argilos minerais e os óxidos do solo resultam no descimento das cargas positivas, conseqüentemente aumenta a CTC.

4.5.4 Nitrogênio Total, Nitrito, Nitrato e Nitrogênio Amoniacal

O processo de decomposição de resíduos liberam carbono, nitrogênio e outros componentes simples, dos quais parte retorna à atmosfera na forma de gás (CO_2 , NH_3 , etc), parte é imobilizada pelos microrganismos decompositores, a outra parte permanece na forma disponível para as plantas e o restante é perdido por lixiviação ou usado para a produção de substâncias húmicas (STEVENSON, 1999)

As concentrações de nitrogênio em percolados são tipicamente superior a 2000 mgN/L, pode chegar a valores superiores a 3000 mgN/L, em meios aeróbicos ocorre a conversão a nitrito e nitrato, já a forma orgânica e amoniacal são encontradas em meios anaeróbicos (FLECK, 2003).

Segundo Fleck (2003) as principais fontes de nitrogênio no lixiviado são de origem vegetal e animal e suas concentrações relacionam diretamente com a matéria orgânica disponível nos resíduos, fertilizantes, produtos de limpeza, carne preservada com amônia e produtos utilizados para a preservação de madeira também contem considerável quantidade de nitrogênio em suas composições.

Em condições anaeróbicas ocorre a biodegradação dos resíduos no interior do lixão, acarretando a quase toda conversão do nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal Souto (2009, apud BASTOS, 2011). De acordo com Rodrigues (2004), a presença de amônia no lixiviado é muito alta, sendo nocivos para os organismos que compõem os ecossistemas, e também para bactérias que fazem a degradação e a estabilização de substratos.

De acordo com Kurniawan et al. (2006), em lixões, aterros sanitário e controlados, a produção de lixiviados, com concentrações elevadas de nitrogênio amoniacal são produzidas por até 50 anos após o encerramento de suas atividades.

A amônia é um produto oriundo da primeira fase do ciclo do nitrogênio na decomposição anaeróbia, seguida de nitritos e finalmente os nitratos (COSTA,

2002). Os termos utilizados em relação às espécies do nitrogênio e suas formulas químicas estão dispostos na tabela 3

Tabela 3 - Definição dos termos empregados a cada espécie de nitrogênio

Formas do Nitrogênio	Fórmula Química	Definição
Amônia Gasosa	NH_3	---
Íon Amônio	NH_4^+	---
Íon Nitrito	NO_2^-	---
Íon Nitrato	NO_3^-	---
Nitrogênio Kjeldahl	---	N orgânico + NH_3 + NH_4^+
Nitrogênio Amoniacal Total	---	NH_3 + NH_4^+

Fonte: Metcalf e Eddy, (2003).

O efeito do nitrogênio nas águas pode ser localizado em forma de nitrogênio amoniacal, orgânico, nitrito e nitrato. Os íons de amônio e a amônia gasosa são consumidos alternadamente e a somatória de suas concentrações compõe a amônia total ou nitrogênio amoniacal (REIS; MENDONÇA, 2009)

Conforme o pH da solução o nitrogênio amoniacal pode existe em solução aquosa tanto em íon amônio e como amônia, para valores de pH acima de 7 predomina a amônia, para pH inferior a 7 o íon amônio é predominante, a partir do aumento do pH o íon amônia (NH_4^+) tende a se transformar em amônia livre (NH_3), gás que se desprende da fase líquida (METCALF; EDDY, 2003). A Figura 3 mostra a distribuição das espécies de nitrogênio amoniacal em função do pH.

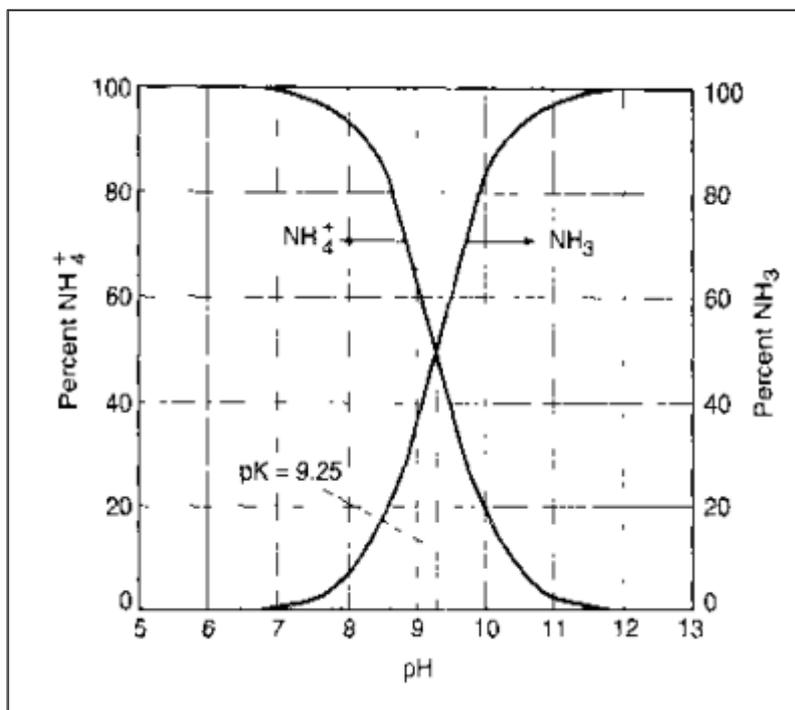


Figura 3 - Nitrogênio Amoniacal em Função do pH
 Fonte: Metcalf e Eddy (2003).

Para Giordano et al (2011), o nitrogênio amoniacal pode ser usado como parâmetro de monitoramento para verificação de contaminação de aquíferos. A toxicidade do chorume é aumentando devido à presença da amônia. Conforme soma o tempo de biodegração dos resíduos, maior é a concentração de amônia gerada.

O nitrato é estável quando interage com oxigênio, não é armazenado pela fração coloidal do solo por ser negativamente carregado, este fato se da principalmente pelas argilas, pois as mesmas têm cargas negativas. Quando o nitrato é dissolvido na água subterrânea, desloca facilmente para os aquíferos e segundo Mariotti (1998) constituindo-se o contaminante mais comumente encontrado na água subterrânea.

Para Vale; Haie (2006), o problema da toxicidade do nitrato está em sua redução a nitrito. O íon de nitrito formado em condições específicas no estômago e na saliva oxida o ferro nas moléculas presentes na hemoglobina, transformando o Fe^{2+} em Fe^{3+} , dessa forma, as moléculas da hemoglobina torna-se incapaz de unir ao oxigênio reversivelmente, causando a chamada a metahemoglobina, quando em alta concentração, resulta em anoxia e morte. Em crianças por ser mais sensíveis que adultos se torna letal, denomina a doença como síndrome do bebê azul.

Pela alta concentração de nitrogênio presente no líquido decorrente da decomposição dos resíduos sólidos, quando atingem os corpos d'água, tornam-se nutrientes disponíveis para plantas aquáticas, sendo responsável pela eutrofização das águas, juntamente com os compostos de fósforo, estimulando o crescimento acelerado de algas e provocando o decaimento de oxigênio dissolvido no ambiente. Outro impacto causado pelo nitrogênio ocorre quando o nitrogênio amoniacal estiver na forma de amônia livre (NH_3), acarretando a toxicidade dos peixes presentes nos corpos aquáticos receptores (DINIZ, 2010).

4.5.5 Fósforo

Geralmente os níveis de fósforo (P) disponível no solo são baixos, contudo pela deposição de lixo no solo acarreta em grande fertilização, elevando sua concentração e a conseqüente mobilização por escoamento superficial ou lixiviação, contaminando as águas superficiais e subterrâneas (HORTA; TORRENT, 2010).

Segundo Horta; Torrent (2010), a quantia de fósforo presente no solo é muito variável, esse elemento pode ser encontrado em forma inorgânica e orgânica, em solos superficiais contem uma maior quantidade de fósforo, pois acumula o fósforo orgânico. A capacidade do solo de absorver fósforo (P) está relacionada com a quantidade e tipo dos constituintes na fase sólida, com o pH e com determinados íons presentes no solo.

Para a regulação abiótica a concentração de P da solução é regulada por equilíbrio químico e interações eletroquímicas, relacionado com a dissolução/precipitação de formas do fósforo no solo e a dessorção/adsorção do elemento retido na fase sólida do solo (HORTA; TORRENT, 2010).

O fósforo, assim como o nitrogênio, é nutriente para o crescimento e reprodução dos organismos decompositores de matéria orgânica. Quando em excesso no solo, este elemento pode ser levado pelo escoamento superficial do solo em corpos hídricos próximos, causando eutrofização artificial das águas (CARVALHO, 2001).

Áreas agrícolas utiliza o fósforo para a fertilização das plantas, conseqüentemente o valor do fósforo do solo é menor, necessitando de adição de adubos, no entanto os valores mais elevados de fósforo no solo se dá nas áreas que tem atividade de animais pastoreios, esta elevada concentração se dá pelas rações e aos dejetos dos animais na área.

Áreas onde se encontra resíduos orgânicos, tais como chorume, são fonte de fósforo. O solo satura em relação ao fósforo, pode ser retido com menor energia, assim aumenta a capacidade de liberação e transferência do elemento da fase sólida do solo para a água. A matéria orgânica influencia significativamente a intensidade da inibição da capacidade de sorção de compostos de fósforo no solo, os resíduos orgânicos dispostos no solo pode ter efeito, de não só inibir a sorção de fosfato no solo, mas também de diminuir a energia de ligação do fosfato à fase sólida (HORTA; TORRENT, 2010).

4.5.6 Metais pesados e o Chumbo (Pb)

Conforme Andrade (2011) os metais estão presentes naturalmente nos solos, são constituintes de minerais primários nas rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, as condições do ambiente local que determinar qual espécie e de que forma o metal pode ser encontrado.

Os metais pesados são caracterizados por terem altas densidades comparadas a outros materiais comuns (cerca de 5 g/cm³), são elementos bons condutores de eletricidade, com alto grau de toxicidade quando em concentrações elevadas, possuem número atômico superior a 20 e são bioacumulativos, ou seja, suas concentrações aumentam progressivamente ao longo da cadeia alimentar (BAIRD, 2002).

Habitualmente a classificação dos metais é dada como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação dos metais

Classificação dos metais	Metais
Elemento-traço essenciais ou micronutrientes	Cálcio, cobre , Ferro, Magnésio, Molibdênio, Níquel, Potássio, Sódio e Zinco (são requeridos pela maioria dos organismos vivos em pequenas concentrações , podendo causar toxicidade quando em excesso).
Microcontaminantes ambientais ou elementos não essenciais	Arsênio, Cádmio, chumbo, Cromo, Estanho, Mercúrio, Titânio e Tungstênio.
Elementos essenciais e simultaneamente microcontaminates.	Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel e Zinco.

Fonte: Soares (2006).

Segundo Andrade (2011), por não sofrerem degradação, os metais acumulam-se no solo por tempo indefinido, considerados altamente reativos, e são representados como o principal grupo de contaminantes inorgânicos.

As fontes de contaminação por metais pesados são variadas e definidas pela heterogeneidade dos possíveis resíduos contaminantes dispostos no meio ambiente. Os tipos e teores de metais pesados podem ser encontrados no solo desigualmente, podem variar por alterações químicas e físicas das rochas e transporte de material alterado, porém em menor proporção, pois as fontes primárias de metais pesados são rochas e solos (TEIXEIRA, 2008).

A Tabela 5 apresenta as principais fontes de contaminação do solo por metais pesados.

Tabela 5 - Principais Fontes de contaminação do solo com metais pesados

Fontes primárias	
Fonte	Metais
Fertilizantes (fosfato etc)	Cd, Pb, As
Calcários	As, Pb
Pesticidas	Pb, As, Hg
Lodo de esgoto	Cd, Pb, As
Irrigação	Cd, pb, se
Esterco de animais diversos	As, Se
Fontes secundárias	
Descarga de automóveis	Pb
Fundição	Pb, Cd, Sb, A, Se, Ln, Hg
Incineração de resíduos	Pb, Cd
Áreas de mineração	Pb, Cd, As, Hg
Desgaste de Pneus	Cd
Pinturas (desgaste)	Pb, Cd
Aporte marinho	Se
Disposição de lixo	Pb, Cd, As
Partículas suspensas no ar	Pb, As, Cd, Se
Queima de Carvão	As, Se, Sb, Pb
Baterias cloro alcalinas	Hg

Fonte: Fergusson (1991).

Para Yong et al. (1996), a toxicidade de um metal pesado pode variar de acordo com o estado de oxidação, sendo controlada assim pelas propriedades físicas e químicas do meio, já que se trata de elementos que não se degradam. O nível de toxicidade dos elementos é variável, em ordem decrescente Hg > Cd > Ni > Pb > Cr > Li.

Segundo Teixeira (2008), a concentração de metais pesados em resíduos sólidos urbanos pode ser de 0 a 100 mg/kg, podem estar presentes na composição do lixiviado, gerado pela decomposição dos resíduos provocando a sua dispersão no solo e migrando para as águas subterrâneas e superficiais.

O pH, a capacidade de troca catiônica, a quantidade de matéria orgânica, o estágio de decomposição, o tipo de minerais e o teores de Ferro, Alumínio, Manganês e a competição iônica afeta na retenção e mobilidade de metais pesados no solo Matos (1995, apud ALCÂNTARA; CAMARGO, 2001). De acordo com Andreoli (1999), os principais fatores responsável pelo aumento da capacidade de retenção dos metais no solo são a matéria orgânica e o aumento do pH

Em solos com alto teor de pH, os metais pesados tendem a reter e se acumular no solo, permanecendo na camada superficial, fixa na fase sólida, na forma de precipitados, em complexos orgânicos metálicos YONG et al., (1996).

Conforme UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA (1992) a Tabela 6 apresenta a composição média e as variações de concentração dos metais no solo.

Tabela 6 - Concentração de metais no solo

Metal	Composição média do solo (mg/kg)	Varição em solos (mg/kg)
Al	71.000	10.000 – 30.000
Fe	38.000	7.000 – 550.000
Mn	600	20 – 3.000
Cu	30	2 -100
Cr	100	1 – 1.000
Cd	0,06	0.01 – 0,70
Zn	50	10 – 300
As	5	1,0 – 50
Se	0,3	0,1 – 2
Ni	40	5 – 500
Ag	0,05	0,01 – 5
Pb	10	2 – 200
Hg	0,03	0,01 – 0,3

Fonte: USEPA (1992).

4.5.6.1 Chumbo e a Saúde Humana

O chumbo como elemento livre tem um baixo ponto de fusão, 327°C, é um metal maleável, mal condutor de eletricidade, a temperatura ambiente possui um brilho metálico acinzentado, com densidade de 11,4 g/cm³, este elemento geralmente é extraído do mineral altamente insolúvel, a galena, é encontrada em forma de íon estável, o íon chumbo 2+ (BAIRD, 2002).

Segundo Andrade (2008), os compostos inorgânicos do chumbo (Pb) estão presentes em vários produtos da indústria e comércio, incluindo tintas, plásticos, baterias, ligas metálicas, inseticidas, cabos elétricos e cerâmicas. O interesse neste elemento se dá pela sua resistência a corrosão e pela sua maleabilidade, contudo houve uma queda no uso, por originar problemas de contaminação ambiental e por sua toxicidade para os organismos biológicos, sobre tudo o ser humano.

De acordo com Azevedo; Chasin (2003), o acúmulo do chumbo no solo ocorre pela disposição de resíduos contendo o metal, em sua maioria o chumbo é retido fortemente no solo, e pouco transportado para águas superficiais ou subterrâneas. O pH, composição mineral do solo quantidade e tipo de matéria orgânica, presença de colóides inorgânico e óxidos de ferro e a CTC, são alguns fatores que interferem no transporte do Pb no solo e na disponibilidade do metal,

A acumulação do chumbo no solo ocorre nos primeiros centímetros do solo superficial, diminui conforme aumenta a profundidade, essa distribuição se dá pela reciclagem de Pb das camadas inferiores pelas raízes das plantas. O chumbo depositado no solo por ação antrópica, tende a se comportar igual ao natural, porém atinge níveis mais profundos (30 a 45 cm) (KEIMERICH et al., 2013)

Conforme Teixeira (2002), o comportamento da remoção do chumbo no chorume em áreas de disposição final de resíduos, é típico de metal pesado, tendo relação direta com o pH do solo, conforme aumenta o pH do solo aumenta a retenção do chumbo no local. O transporte do chumbo do solo para águas subterrâneas por lixiviação é vagaroso em condições naturais, porém elevando a acidez do solo ou pela presença em concentrações que se aproximam ou excedam a capacidade de troca catiônica auxilia no escoamento.

Crianças e adultos são suscetíveis aos efeitos do chumbo na saúde, as crianças são mais expostas por regiões que apresentam contaminação ambiental, pelo comportamento e fisiologia, já os adultos estão expostos por atividade de trabalho, como indústrias (CUNHA, 2008).

O chumbo pode acarretar vários problemas à saúde humana, vários países estabelecem um nível máximo de chumbo no ser humano, no Brasil os valores de referência de chumbo no sangue para normalidade e o máximo permitido são de 40 µg/dL e 60 µg/dL, para o chumbo na urina, que o controle é feito pelo chumbo tetraetila, um indicador biológico, o valor de referência é de 50 µg/g creatinina e o máximo permitido é de 100 µg/g creatinina, conforme a Norma Regulamentando nº7 do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional, segundo a CDC (CENTERS OF DISEASE CONTROL AND PREVENTION) (2005) já em crianças o permitido de chumbo no sangue é cerca de 10 mg/DL.

Conforme Moreira; Moreira (2004), a interação do chumbo no organismo tem efeito acumulativo, afeta todos os órgãos e sistemas do organismo potencialmente têm o poder de inibir ou imitar a ação do cálcio e de interagir com proteínas, retido na

maioria das vezes em ossos. Como exemplo o sistema nervoso, a medula óssea e os rins são ambientes críticos na exposição ao chumbo, pode ocorrer anemia por envenenamento, efeitos sobre o crescimento físico e estatura de crianças, sobre o sistema reprodutivo do ser humano entre outros fatores sobre os órgãos humano. O composto chumbo inorgânico e os compostos de chumbo orgânico podem ser classificados como possivelmente carcinogênico para humanos. Em caso de intoxicações agudas por chumbo, podem ocorrer danos ao miocárdio.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1.1 Localização da Área

A área de estudo, localiza-se no perímetro urbano da cidade de Rolândia - PR, Estado do Paraná, ao norte do município, a vertente esquerda da bacia hidrográfica do ribeirão Vermelho, com coordenadas geográficas de Latitude $23^{\circ} 13' 2190''$ S e Longitude de $51^{\circ} 22' 29760''$ W (Figura 4). Segundo Melo et al (2011), a área de vazadouro de estudo encontra-se desativada desde julho do ano de 2002,

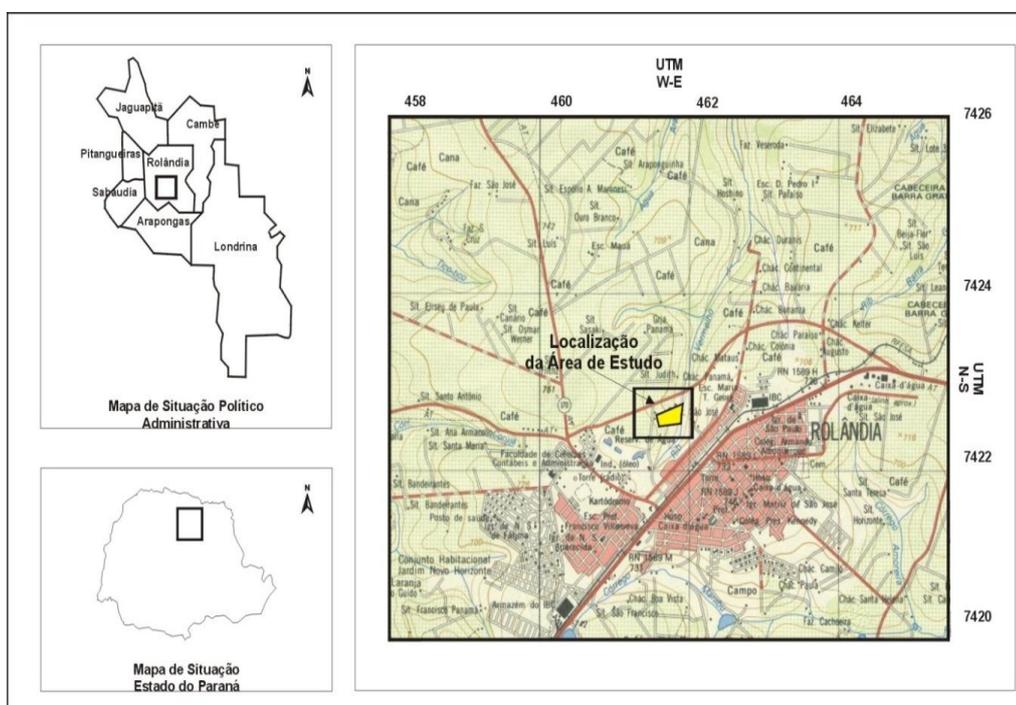


Figura 4 - Mapa de localização da área de estudo
Fonte: Santos; Celligoi (2003).

Localizada no Terceiro Planalto Paranaense, o município de Rolândia – PR, situasse na Microrregião Geográfica de Londrina. Com uma área total de 459,024 Km², com uma densidade demográfica de 126,05 Hab/Km² (IBGE, 2014). De acordo com a classificação de Köppen, a região estudada tem o clima classificado com Cfa – subtropical úmido, logo a temperatura mínima média é de 18°C para o mês mais frio (mesotérmico) e temperatura máxima média é acima de 22°C para o mês mais quente (IAPAR, 1994).

Conforme Melo et al (2011), o local era ponto de recebimento de coleta de resíduos sólidos urbanos durante 60 anos, quando foi decretado o seu encerramento pela prefeitura municipal em 2002, por decorrência que a área ultrapassou o limite máximo de saturação para recebimento dos resíduos sólidos e também pela expansão urbana nas proximidades do local.

Durante o seu funcionamento, os resíduos eram dispostos diretamente sobre o solo, sem qualquer proteção sanitária, e não recebendo manejo adequado (cobertura de solo e compactação) expondo a massa dos resíduos as variações do tempo (MELO, 1999)

O lixão possui área de 65.318 m² e, cerca de 180.000 m³ de lixo foram depositados no local durante o seu funcionamento, e ao final das atividades foi realizado a cobertura final de solo inerte compactado confinando as últimas camadas de resíduos depositados, (MELO et al., 2011).

Devido a gestão inadequada do lixão, a medida que ocorria a deposição dos resíduos, os mesmos estavam sujeitos à combustão espontânea, bem como expostos ao processo de infiltração de percolados no solo ou escoamento superficial do líquido decorrente de sua decomposição (chorume).

Conforme Melo et al (2011), o projeto de encerramento apresentado pela Prefeitura Municipal de Rolândia – PR previa o processo de recuperação da área com as fases: sistema de monitoramento; sistema de drenagem superficial das águas pluviais; sistema de drenagem do chorume e recirculação dos mesmos sobre o montante; sistema de drenagem de gases, sistema de cobertura; análise de estabilidade dos maciços de terra e dos resíduos sólidos dispostos, porém o projeto não foi inteiramente cumprido, a área está em completo abandono.

5.1.2 Solos

O Latossolo Vermelho e o Nitossolo são as principais formações pedológicas encontradas na região do município de Rolândia - PR (EMBRAPA 1999), Além disso, de modo geral, os solos na região em questão apresentam-se normalmente profundos, pouco suscetíveis à erosão. De acordo com a carta de solos do estado do Paraná (EMBRAPA, 2009), o solo do lixão está inserido na classificação do Latossolo Vermelho Eutroférico, com suas características de alta fertilidade e com altos teores de ferro. Conforme a mesma carta existem 4 subclasses para o Latossolo Vermelho são os: Distroféricos, Eutroféricos, Distróficos e Eutróficos.

O Latossolo Vermelho é um dos mais importantes solos do ponto de vista agrícola pela fertilidade natural apresentada. Sua coloração caracteriza-se pelo vermelho fosco, ou mesmo bruno avermelhado e quando umedecida parece tornar-se arroxeadada.

Suas características morfológicas apresentam poucas variações, fazendo com que os diversos horizontes se apresentem poucos individualizados e difusos (EMBRAPA 1999). O Latossolo Vermelho é formado quase que completamente da rocha mãe (basalto) e constituído de grandes quantidades de ferro hidratado, dando-lhe a característica de coloração bastante escura.

Segundo Stipp (2002), o Latossolo Vermelho apresenta teor de argila superior a 60%, portanto, tem textura muito argilosa, consistência muito friável, é poroso e acentuadamente drenado. A textura constitui a fase mineral sólida do solo e mede, em porcentagem, as proporções de argila, silte e areia.

O Nitossolo possui coloração e textura que se assemelha ao Latossolo Vermelho, sendo que sua importância para a agricultura é a mesma. Possui estrutura subangular bem desenvolvida. Este solo tem por características principais o B textural (argiloso), cerosidade no horizonte B e quando molhado se torna plástico e pegajoso (STIPP, 2002).

5.1.3 Geologia

A área de estudo está inserida geologicamente nos limites da Bacia Sedimentar do Paraná, entidade geológica com preenchimento sedimentar-magmático, situada no centro-leste da América do Sul, abrangendo uma área de cerca de 1.600.000 Km². Deste total, cerca de 1.000.000 km² estão localizados em território brasileiro, distribuídos pelos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás (PETRI; FÚLFARO 1983).

A Bacia do Paraná sofreu com intenso vulcanismo fissural, constituindo ampla província magmática, definindo no Fanerozóico a maior manifestação ígnea não-oceânica e uma importante contribuição à geração da crosta ocidental do planeta. Esse evento traduziu-se na bacia, como uma espessa cobertura de lavas, uma intrincada rede de diques contando a completa seção sedimentar. Hoje, após 100 milhões de anos de retrabalhamento erosivo, ainda restam $\frac{3}{4}$ da área total da bacia recoberta pelas rochas ígneas da Formação Serra Geral, com área de aproximadamente 1.200.000 km² abrangendo os estados do centro-sul do Brasil, partes do Uruguai, Argentina e Paraguai, com uma espessura remanescente que se aproxima dos 2000 metros na região do Pontal do Paranapanema-SP (MILANI, 1997).

O município de Rolândia – PR encontra-se assentada sobre a Formação Serra Geral, que, de maneira generalizada, é composta principalmente por rochas vulcânicas básicas, toleíticas e andesitos basálticos ocorrendo subordinadas quantidades de riocitos e riolitos, de textura afanítica, coloração cinza e negra. Os topos dos derrames é geralmente amigdaloidal, apresentando grande desenvolvimento de juntas verticais e horizontais com intrusões alcalinas e de pequenas lentes de arenito (MILANI, 1997).

Os basaltos comumente exibem coloração cinza esverdeada, rosada a ocre amarelada quando alteradas; textura afanítica e geralmente intenso padrão de acebolamento comumente próximo ao contato entre rocha e solo, formando os saprolitos.

Segundo Pastore; Fontes (1998) o horizonte saprolítico ou saprolito é a transição entre o maciço de solo e o maciço rochoso. É composto basicamente por

blocos ou camadas rochosas de vários estágios de alteração, com dimensões variáveis, envolvidos por solo saprolítico. O solo tende a se desenvolver ao longo de descontinuidades remanescentes do maciço rochoso, onde a percolação da água é mais facilitada, e em zonas de rochas mais sensíveis a alteração. Os mesmos autores citam problemas em obras de engenharia relacionados a essa zona, como a dificuldade de identificá-los e por apresentarem comumente elevada permeabilidade hidráulica.

5.1.4 Aspectos Climáticos

As condições médias da atmosfera que identificam o clima de uma dada região são definidas, principalmente, segundo sua situação geográfica. Situado no Hemisfério Sul e cortado pelo Trópico de Capricórnio, o estado do Paraná sofre influências de alguns fatores macroclimáticos que lhe garantem o predomínio do clima subtropical (NIMER, 1989).

Porém, a conformação topográfica paranaense atribui algumas diferenciações em relação aos subtipos climáticos, destacando-se o Cfa (Subtropical Úmido Mesotérmico), Cfb (Subtropical Super Úmido Mesotérmico) e Af (Clima tropical super úmido):

- Af - clima tropical superúmido, sem estação seca e isenta de geadas, com médias de temperaturas inferiores a 18°C. Ocorre apenas no litoral, em altitudes inferiores a 50 metros.
- Cfb - clima mesotérmico, úmido e super úmido, sem estação seca, com verões quentes a moderadamente quentes e com média do mês mais quente inferior a 22°C. As geadas são bem frequentes. É comum nas regiões central, sul e centro-leste, em altitudes superiores a 850-900 metros.
- Cfa - clima mesotérmico, sem estação seca, com verões quentes e com média do mês mais quente superior a 22°C, com predominância dos sistemas atmosféricos intertropicais; as geadas são frequentes no inverno.

Segundo Nimer (1989), baseado na classificação de Köppen, Cfa é o tipo climático predominante em todo norte, oeste e sudoeste paranaense, em altitudes normalmente inferiores a 850-900 metros, abrangendo neste caso a área do município de Rolândia - PR.

Segundo Mendonça (1995), o tipo climático predominante na área de estudo tem no verão sua estação mais úmida, período que concentra grande parte das chuvas que ocorrem ao longo do ano, e cujas temperaturas médias máximas podem atingir os 28°C. Segundo o mesmo autor, a estação de inverno representa um período de estiagem relativa na área do município de Rolândia - PR, sendo os meses de julho e agosto os mais secos do ano, com médias mensais em torno de 50 mm. Com temperaturas médias de cerca de 18°C, essa época é marcada principalmente por incidências de geadas, especialmente no mês de julho, quando as temperaturas mínimas médias podem chegar até 10°C. No geral, a temperatura média da área de estudo é de 20°C.

5.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA PARA COLETAS DAS AMOSTRAS DE SOLO

A delimitação da área para a coleta das amostras de solo seguiu ¹parcialmente a metodologia de posicionamento ou locação de pontos que estabelece, segundo recomendação da CETESB (1999), o formato radial e concêntrico a partir de áreas suspeitas e/ou potencial de contaminação, conforme esquema apresentado na Figura 5.

Porém, para delimitação da locação dos pontos específicos de coleta, também foi levando em consideração, principalmente, a acessibilidade e os riscos oferecidos para execução dos trabalhos, já que a área de estudo foi o local de disposição final de variados tipos de resíduos, dos quais muitos oferecem sérios riscos de acidentes (vidros, metais oxidados e outros materiais cortantes), além de ser uma área totalmente abandonada.

¹. Pois a área de estudo possui vários limitadores físicos de acesso à coleta

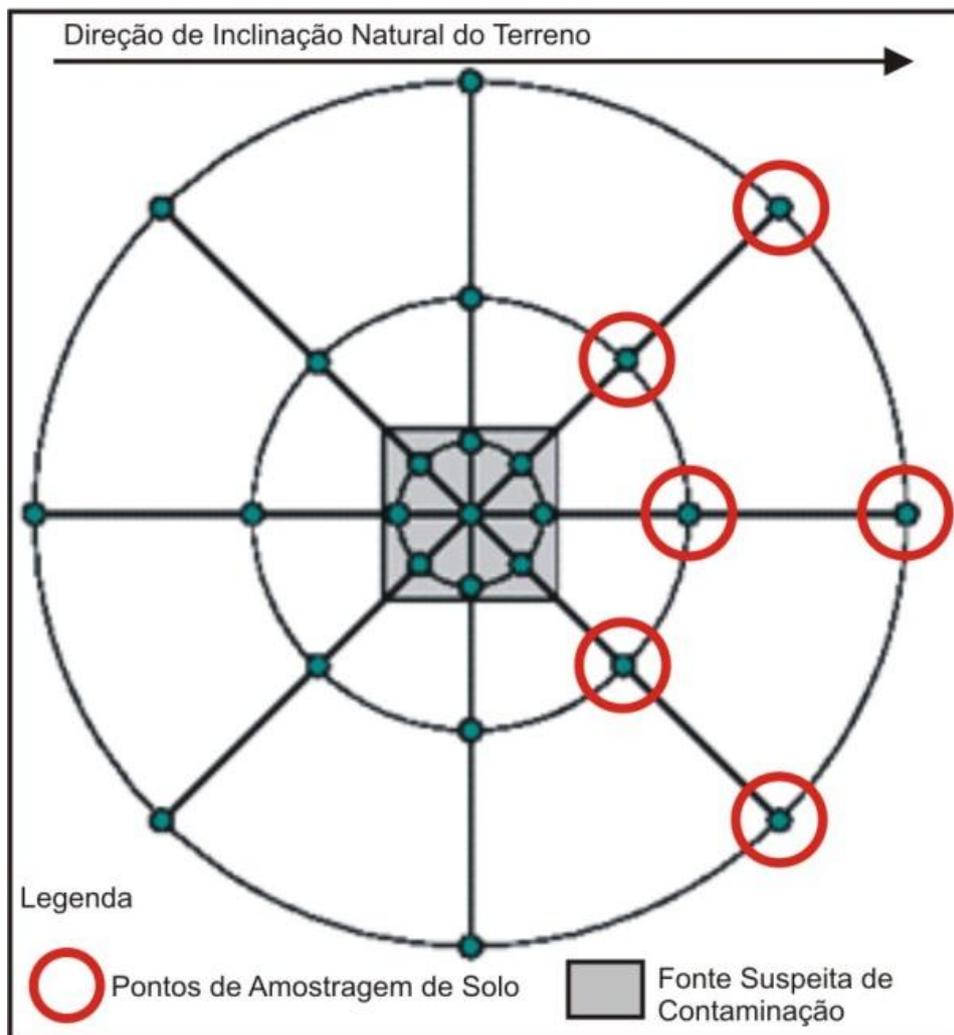


Figura 5 - Exemplo de malha de amostragem de solo em locais suspeitos de contaminação do estrato não-saturado
 Fonte: adaptado de CETESB (1999).

Dessa forma, para realização das coletas de amostras de solo para realização da análise química, a área de depósito de resíduos de Rolândia foi dividida em três zonas distintas, como mostra a (Figura 6) e assim descritas: Talude (Zona 2) - local de limite físico/geográfico da área de deposição final dos resíduos, composto morfologicamente por vertente íngreme e inclinada; Jusante (Zona 1) - local de influência direta do antigo lixão, pois está sujeita a sucessivos movimentos de terra e caminho preferencial para o escoamento superficial e acúmulo da água provinda de precipitação; Zona de Referência (Zona 4), que corresponde uma área ao lado do lixão ocupada por atividades agrícola de subsistência e possivelmente livre de contaminação.

Cabe ressaltar que não foi utilizado para análise a área de montante do lixão (Figura 8, delimitado em vermelho), pois houve depósito de solo inerte no local, recobrendo as últimas camadas de resíduos disposta.

As Figuras 6 e 7 mostram o mapa topográfico da área e o corte esquemático da morfologia do terreno na área de estudo, respectivamente.

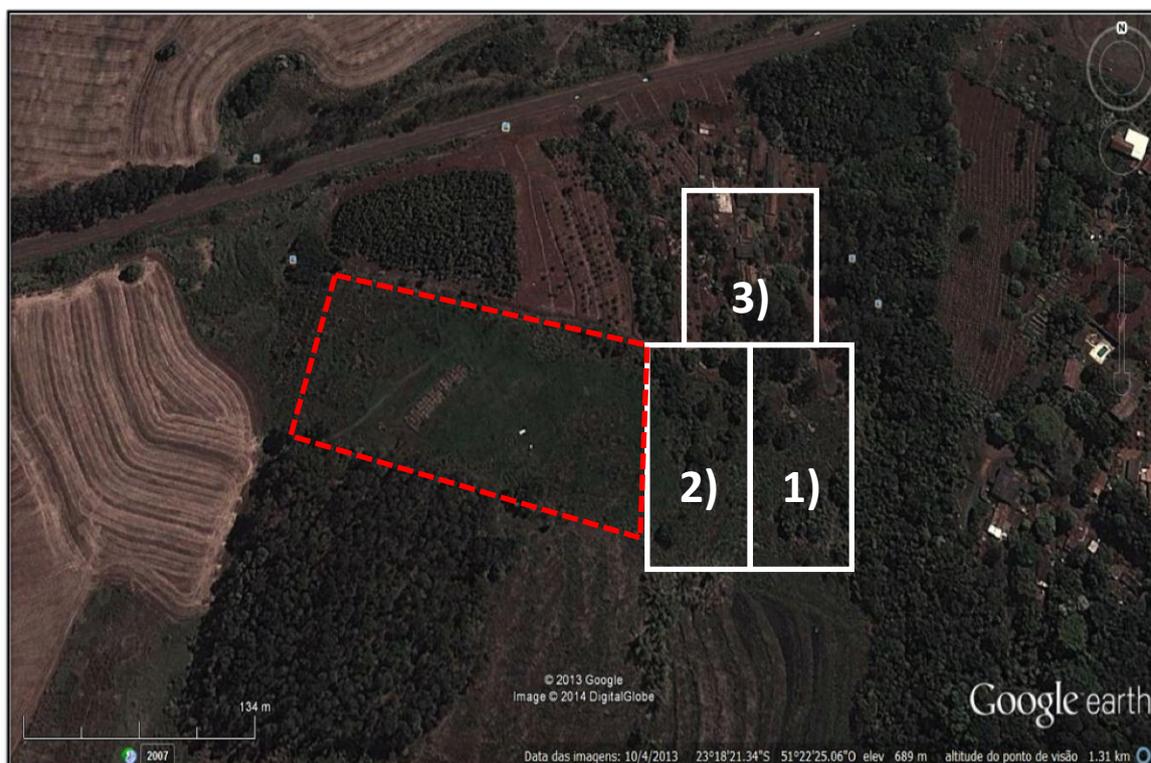


Figura 6 - Imagem de satélite mostrando o antigo lixão de Rolândia dividido em partes 4 Zonas: (1) se refere a Zona à Jusante; (2) indica a Zona de Talude; (3) Zona de Referência, em relação ao solo natural (possivelmente livre de co livre de contaminação) e a Zona de Montante (delimitada/tracejada em vermelho), indicando a cobertura final do lixão
Fonte: Google Earth (2014).

As Figuras 7 e 8 mostram o mapa topográfico da área e o corte esquemático da morfologia do terreno (seção geotécnica) na área de estudo, respectivamente. A construção da seção geotécnica foi realizada a partir de poços de monitoramento instalados na área, segundo Santos, Celligoi (2003).

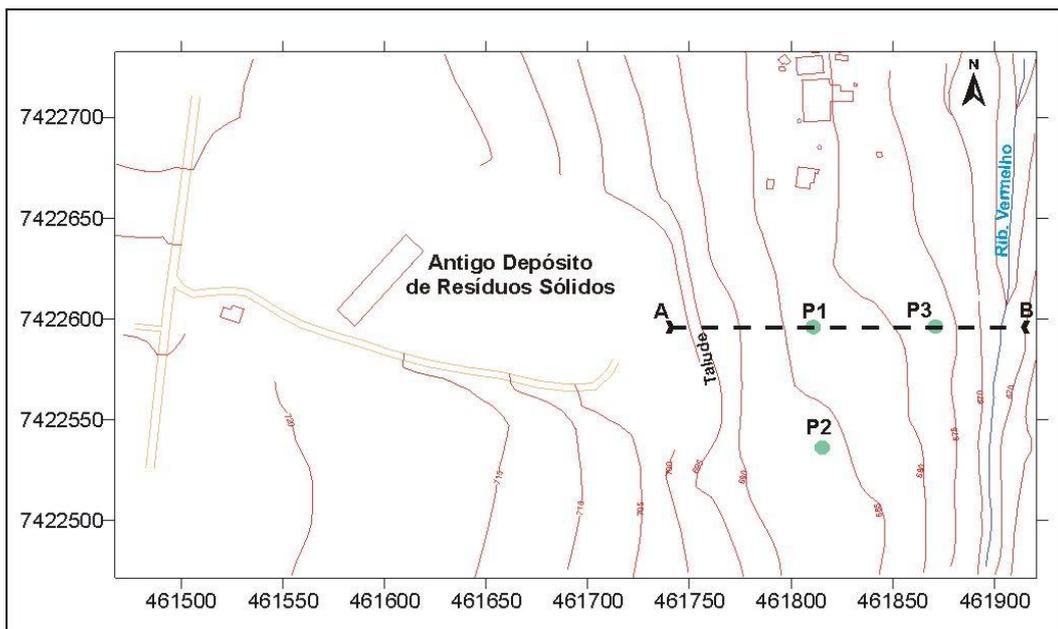


Figura 7 - Mapa topográfico ilustrando corte esquemático A-B, na área de estudo. Fonte: Santos; Celligoi (2003).

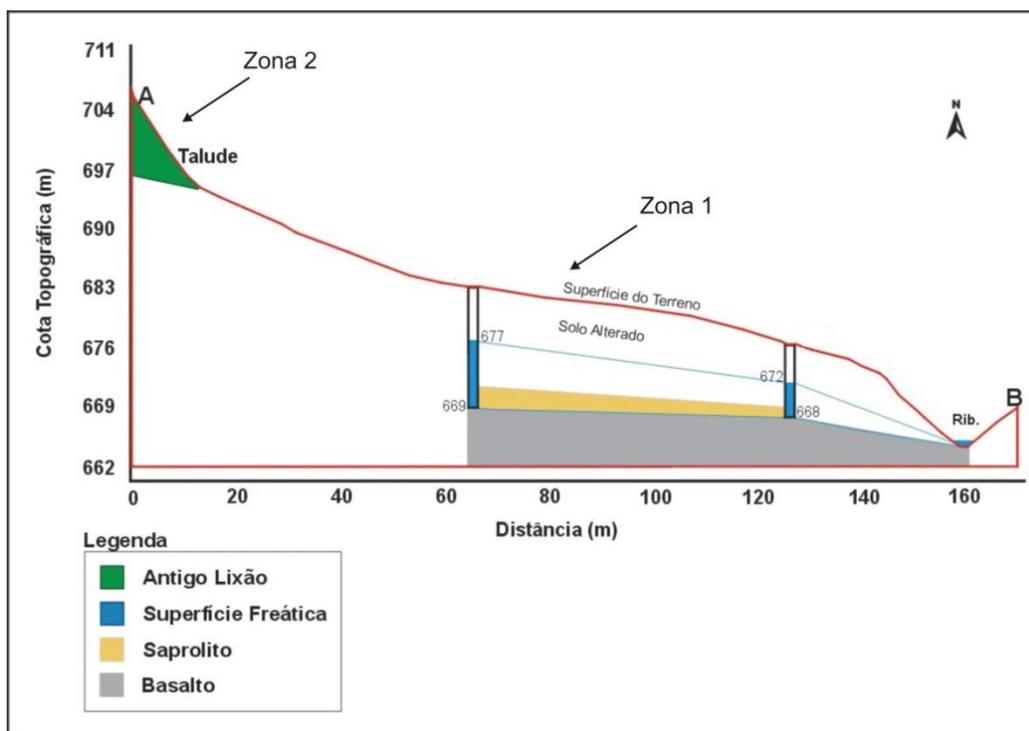


Figura 8 - Seção geotécnica ilustrando, superfície do terreno, delimitação das Zonas 1 e 2 de coleta, profundidades da zona não saturada e superfície freática. Fonte: Adaptado de Santos; Celligoi (2003).

No total foram realizadas 5 coletas para as 3 zonas distintas, com composições retiradas das camadas de solo entre 0 e 30 cm de profundidade para todos os pontos, estratos esses preferenciais para a fixação (acumulação) de metais pesados, como é de conhecimento científico e abordado em referencial teórico (Figura 9).

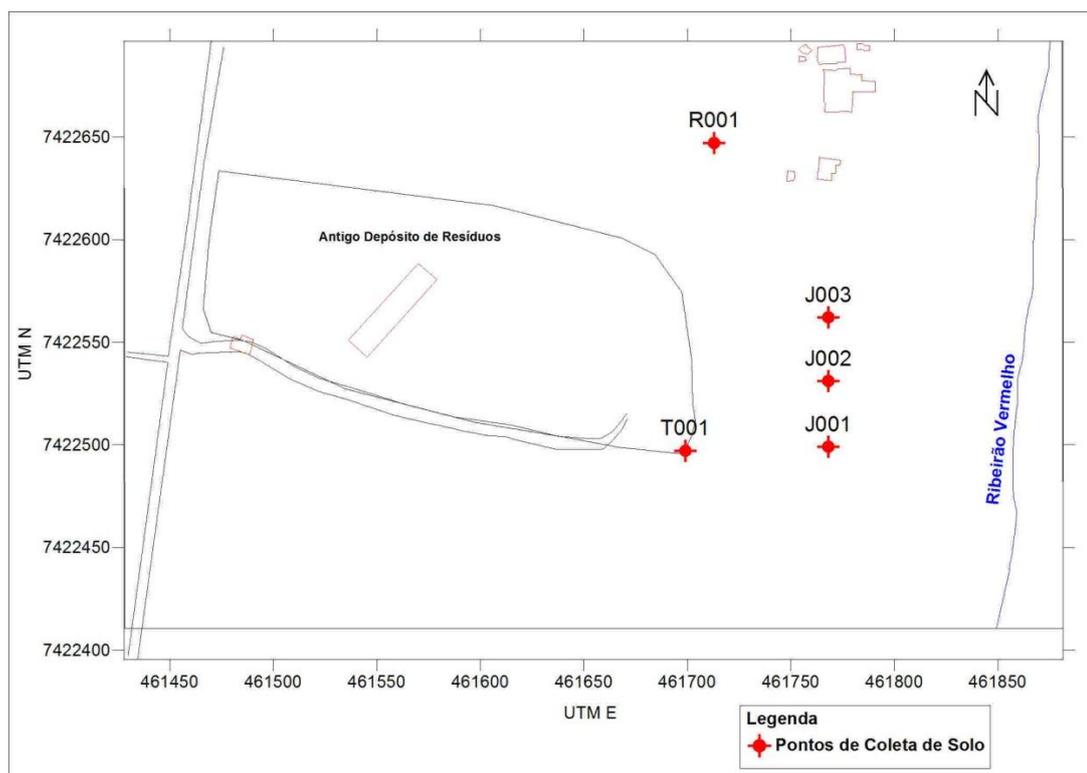


Figura 9 - Pontos seleccionados para amostragem de solo na área de estudo. T – Talude; J; Jusante e R – Referência

A Zona 2 do talude do lixão localizada na Figura 8 possui em um relevo íngreme, decorrente dos depósitos de resíduos ao longo dos anos. Esta zona é constituída por uma vasta quantidade e variedade de materiais em decomposição, juntamente com solo inerte de cobertura final aplicado depois de cessada às atividades do local. Devido à acessibilidade, a coleta de solo na região do talude foi realizada em um único ponto, locado no limite Sul da Zona 2, como mostra a Figura 9, denominado T001 na amostra coletada.

Com salientado não foi possível fazer mais coletas sobre o talude, pois era inacessível, a área se encontra tomada por vegetação gramínea e arbórea natural

do local e pelo risco que o montante de resíduos depositado pode oferecer, inclusive de escorregamentos (Figuras 10 e 11).



Figura 10 - Foto mostrando área do talude do antigo depósito de resíduos coberta por vegetação



Figura 11 - Foto do talude do antigo depósito de resíduos mostrando a inclinação do terreno.

A Zona 1, Jusante, consiste em uma área relativamente plana, com solo natural da região, logo abaixo do montante de resíduos, a vegetação natural da região reveste em toda a extensão do local depósito de resíduos com espécies arbóreas e gramíneas. Foram locados 3 pontos para a coleta de amostras nessa zona, como mostra a Figura 9, dois em extremidades opostas à zona, sendo ao Sul denominado J001, e ao Norte denominado J003 e um ao centro, denominado o J002, sendo esse último considerado baseado em observações de campo, o ponto de maior relevância da pesquisa, pois enquanto a maioria do solo da área da jusante se encontrava seco, este ponto do centro sempre estava úmido ou com acúmulo de água, principalmente após a ocorrência de precipitação, como evidencia a foto da Figura 15.

A Zona 3 - Referência é uma área relativamente plana, com solo natural exposto, relativamente arborizada com vegetação natural da região com espécies frutíferas. A escolha do ponto da amostra de referência (R001) foi feita a cerca de 100 m de distância da área de disposição de resíduos, coletado com o intuito de utilizar como amostra padrão em relação as outras amostras coletadas na área do lixão, por se tratar do mesmo solo natural, sem a provável influência do lixão e, dessa forma, não modificados com ações antrópicas, assim mostrando os possíveis valores naturais dos constituintes do solo da região.

A Tabela 7 aponta as coordenadas dos pontos de coleta da área de recebimento de resíduos sólidos.

Tabela 7 - Coordenadas dos Pontos de coleta

Pontos De Coleta	Coordenadas UTM	
	N	L
T001	7422483	461709
J001	7422498	461765
J002	7422522	461761
J003	7422561	461767
R001	7422640	461734
R001	7422640	461734

5.3 MÉTODO DE COLETA

Para a coleta das amostras, foram utilizados alguns materiais como forma de preparação e organização das amostras entre os quais: fita adesiva, caneta, enxada, uma pá pequena, padrão de jardim, martelo pedológico e sacos plásticos próprios que o laboratório disponibilizou para o acondicionamento de amostras como apresentado na Figura 12.

LABORSOLO
Laboratório

Solosanta:	
Propriedade:	
Propriedade:	
Município:	Estado:
Amostra/Tamão:	
Cultura/Varietal:	
Última aplicação de produtos químicos:	
Data da coleta da amostra:	
Análise de folha	
a) Macro/Micro: <input type="checkbox"/> N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn	
b) Especial: <input type="checkbox"/> Alumínio <input type="checkbox"/> Cloro <input type="checkbox"/> Cobalto	
<input type="checkbox"/> Molibdênio <input type="checkbox"/> Niquel <input type="checkbox"/> Selênio	
c) Outros: <input type="checkbox"/> Silício <input type="checkbox"/> Sódio <input type="checkbox"/>	

Figura 12 - Ilustração do saco plástico disponibilizado pelo laboratório para acondicionamento de amostras
Fonte: labor solo (2014).

Conforme o método de amostragem de solo com pás proposto pela CETESB (1999), leva em consideração a seleção de equipamentos para efetuar a coleta dependendo da profundidade a ser coletada, substâncias a serem analisadas e o tipo de coleta, no caso do presente trabalho é de coleta indeformada de solo. O procedimento escolhido para amostragem consistiu em remover a camada superior do solo com o auxílio de uma enxada até a profundidade que deseja coletar usando uma pá de aço inoxidável

Primeiramente utilizou a enxada para limpar superficialmente o ponto de coleta para a retirada de gramíneas, galhos e folhas, em seguida com o auxílio da enxada juntamente com um martelo pedológico escavou-se um buraco com cerca de

30 centímetros de profundidade por aproximadamente 30 centímetros de diâmetro para evitar qualquer alteração da amostra e o seu espalhamento na área, isso foi feito nos 5 pontos de coleta, por seguinte usando a pá, coletou um porção de 500 gramas de solo de cada ponto amostrado, e colocado na embalagem disponibilizada pelo laboratório, lacrando a embalagem com uma fita adesiva, etiquetando-as , em seguida levadas ao laboratório.

Na Figura 13 mostra o talude (T001) assim que retirado porção de solo, nota-se o acúmulo de resíduos no local após 12 anos de encerramento do lixão.



Figura 13 - Coleta de amostra de solo do talude denominado de Zona 2, do lixão do município de Rolândia

Comparando o solo da jusante (Figura 14) com o solo do talude (Figura 13), observasse a diferença de cor, essa alteração é justificada pelo acondicionamento dos resíduos no solo. A jusante é típica do solo natural da região, com ação da chuva pode ocorrer lixiviação, pela decomposição dos resíduos, tendo como receptor a jusante. A Figura 14 demonstra a coleta do J001, correspondendo a jusante, o ponto ao sul da Zona 1 (Figura 9).



Figura 14 - Coleta de amostra, correspondendo o ponto J001 - Zona 1 da área de disposição de resíduos

O segundo ponto da jusante foi selecionado após reconhecimento prévio de campo, onde se observou o favorecimento morfológico do terreno para o acúmulo intermitente de água no local, comprovado posteriormente logo após a ocorrência de chuva na área de estudo, como mostra a Figura 15. Este ponto se encontra na área central da jusante (Figura 9), denominado J002 para identificação nas análises.

A Figura 16 mostra o mesmo local, desta vez seco durante as campanhas de campo para coleta de solo.



Figura 15 - Segundo ponto selecionado para coleta de solo (J002), ilustrando o acúmulo de água no local após a ocorrência de precipitação



Figura 16 - Foto mostrando o ponto J002, após a coleta de solo

A coleta do ponto J004 situa-se ao lado do poço de monitoramento de águas subterrâneas da área de depósitos de resíduos, local escolhido para coleta por estar sem vegetação (Figura 17).



Figura 17 - Foto ilustrando a coleta de solo do ponto J003

5.4 ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas foram realizadas no LABORSOLO – Laboratório particular de análises de solos, nutrição de plantas, análises bromatológicas e ambientais, em Londrina, Estado do Paraná.

Para as análises chamadas Análise Básica pelo laboratório, são feitas análises para fins agrônômicos que verifica a quantidade de elemento químicos presentes no solo, baseasse para determinar as quantidades efetivas de cargas negativas no solo, também para determinar uma característica das quantidades de cargas que estão efetivamente saturadas com cátions básicos e ácidos. Os resultados dos laudos utilizados para esse estudo foram: fósforo disponível e remanescente, matéria orgânica, nitrogênio total, pH em CaCl₂, pH em H₂O, CTC e Chumbo. Os métodos de extração e procedimentos analíticos utilizados pelo laboratório para a determinação quantitativa para cada constituinte citado acima são citados na Tabela 8, que mostra os procedimentos adotados pelo laboratório para as análises.

Tabela 8 - Procedimento no Laboratório

Determinação	Extrator	Procedimento
Fósforo Disponível	Melich	Espectrofotometria
Fósforo Remanescente	Melich	Espectrofotometria
Nitrogênio Total		Teor de M.O(g/dm ³) x 0,05 =N(g/dm ³)
Matéria Orgânica	Oxidação por dicromato	
pH em CaCl ₂		Potenciometria
pH em H ₂ O		Potenciometria
Chumbo		Espectrofotometria

Fonte: Laborsolo (2014).

Conforme especifica o Laborsolo, 2014, o procedimento adotado para as análises de solo consiste em:

- Preparação e moagem da amostra para uniformização da granulometria a 2mm.

- Acondicionamento das amostra em recipientes transitório devidamente cadastrados e rastreados.
- Obtenção das amostras de trabalho (10 cm³) para as etapas de agitação e extração dos nutrientes.
- Adição dos diferentes extratores para as determinações.
- Após a adição dos extratores as amostras são levadas a agitadões orbitais onde sofrem o processo de agitação a 230 rpm em tempos variados conforme o elemento a ser determinado.
- Após a agitação e decantação, alíquotas são retiradas para as devidas diluições e adição de reagentes para as diversas determinações a serem realizadas nas amostras.
- Após as devidas diluições e adição de reagentes as amostras são levas ao diferentes equipamentos para as devidas determinações e leituras dos resultados.

Para as determinações de fósforo e fósforo remanescente e matéria orgânica são feitos por espectrofotometria utilizou um amostrador automático digital, para a determinação automática das amostras, as amostras são dispensadas em câmara de fluxo contínuo (Figura 18).

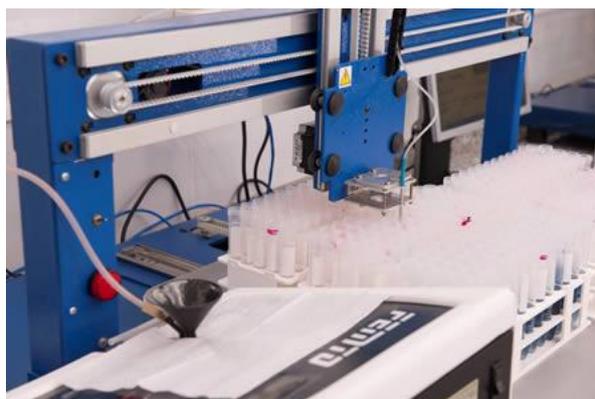


Figura 18 - amostrador utilizado pelo laboratório
Fonte: Laborsolo 2014.

O pH é determinado pelas bandejas que foi utilizadas para agitação (Figura 19).



Figura 19 - pHmetro utilizado pelo laborsolo
Fonte: Laborsolo (2014).

Para as análises básicas do solo o laboratório utiliza método proposto pelo INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS, 2011 juntamente com o Manual de Análises de Solo, Plantas e Fertilizantes da EMBRAPA, 1999. São métodos de análises que vão além das necessidades agrônomicos e avançam nos temas ambientais. Após a extração, como mostra a Tabela 8, os estratos são trabalhados de acordo com o elemento a serem analisadas, as rotinas analíticas adotadas pelo laboratório são de acordo com as normas Nacionais dos Laboratórios de Referência do Ministério da Agricultura, juntamente com a Comissão Estadual de Laboratório de Análise de Solos – CELA-PR.

O laboratório utiliza para as análises de contaminantes utiliza os parâmetros inorgânicos da RESOLUÇÃO CONAMA Nº420/09, seguindo a metodologia de análise de chumbo do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 20 th Edition, conta com um espectrofotômetro de emissão de plasma induzido por argônio.

Os requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaios e calibração- NBR ISSO/IEC 17025 da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).

Os resultados das análises de chumbo realizada pelo laboratório, foram comparados com os valores orientadores para solo da CETESB (2005), como mostra a Tabela 9, pois os níveis de metais pesados no solo são variados, pode ter influencias de atividades relacionadas a área de pesquisa ou o seu entorno.

Tabela 9 - Valores de referência do chumbo

Valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo						
Substância	Referência	Solo mg/Kg			Água subterrânea (µg/L)	
		Prevenção	Agrícola	Intervenção Residencial	Industrial	Intervenção
Chumbo	17	72	180	300	900	10

Fonte: Adaptado de CETESB (2005).

Os valores orientadores são definidos com de referência, prevenção e de intervenção. O valor de referência de qualidade é determinada substância no solo ou da água subterrânea, com uma concentração que define como limpo. Deve ser utilizado como referência nas ações de prevenção da poluição do solo, água subterrânea e de controle de áreas contaminadas.

O valor de prevenção é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Indica a qualidade de um solo capaz de sustentar funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas. Deve ser usado para verificar a introdução de substâncias no solo, se ultrapassado deve-se ocorrer nova avaliação.

O valor de intervenção é uma determinada substância no solo ou na água subterrânea com concentração acima de valores de pode ocorrer risco potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana. Para solo foi definido três cenários de intervenção: agrícola, residencial e industrial. A área será classificada como área contaminada sob investigação quando houver constatação da presença de contaminantes no solo ou na água subterrânea, no qual com valores acima do de intervenção apresentado na Tabela 9.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resumo dos resultados para os parâmetros químicos das amostras T001, J001, J002, J003 e R004, estão dispostos na Tabela 10. O T001 mostrou maiores valores relacionado com a decomposição dos resíduos na área de estudo como: matéria orgânica, nitrogênio, fósforo remanescente e disponível, por se tratar de uma área que contem grande matérias depositados e somente uma cobertura de solo. Já o ponto que teve maior influência nos resultados de pH, CTC e chumbo foi o J002, o ponto se encontra ao centro da jusante, com uma maior declividade em relação ao J001 e J002, esse ponto foi o de maior relevância, pois conforme a ocorrência de precipitação ocorria o acumulo de água no local, consequentemente o maior acumulo de contaminantes decorrente da área acima.

Tabela 10 - Resumo do laudo das análises químicas

Elementos	R001	T001	J001	J002	J003
pH em CaCl ₂ (cmol/dm ³)	6,35	6,36	5,43	6,64	6,4
pH em H ₂ O (cmol/dm ³)	6,83	6,84	6,03	7,08	6,87
CTC em Ph 7,0 (cmol/dm ³)	16,12	15,31	13,09	23,18	15,75
CTC efetiva (cmol/dm ³)	13,54	13,38	10,33	21,49	13,64
Fósforo disponível (mg/dm ³)	264,81	411,81	90	111,11	10,73
Fósforo remanescente (mg/dm ³)	22,8	36,67	24	14,69	26,8
Matéria Orgânica (g/dm ³)	20,62	54,27	29,86	48,35	42,9
Nitrogênio total (g/dm ³)	1,03	2,71	1,49	2,42	2,14
Chumbo total (mg/Kg)	12,52	73,46	26,72	149,6	25,79

6.1 MATÉRIA ORGÂNICA

De acordo com a Embrapa (1999), o solo do município de Rolândia - PR tem como principais formações pedológicas o Latossolo vermelho e o Nitossolo. Esses são caracterizados pela fertilidade natural, além disso, segundo Stipp (2002), o Latossolo vermelho apresenta teor de argila superior a 60%, portanto, tem textura muito argilosa, consistência muito friável, poroso acentuadamente drenado. O Nitossolo tem estrutura subangular bem desenvolvida. As características principais são do horizonte B, classificado como textural (argiloso), cerosidade e quando molhado se torna plástico e pegajoso.

Devido a essas características físicas e pedológicas, o solo da área de estudo possui considerável fertilidade natural. Além disso, mesmo com o encerramento do antigo lixão a mais de 10 anos, as atividades de decomposição de resíduos podem ser consideradas altas, devido, principalmente, a baixa disponibilidade aeróbica, assim os elevados teores de matéria orgânica se destacam nas Zonas sobre sua influência direta (escoamento superficial, mobilização por gravidade e ventos) como é apresentado na Tabela 10 e destacado no gráfico da Figura 20.

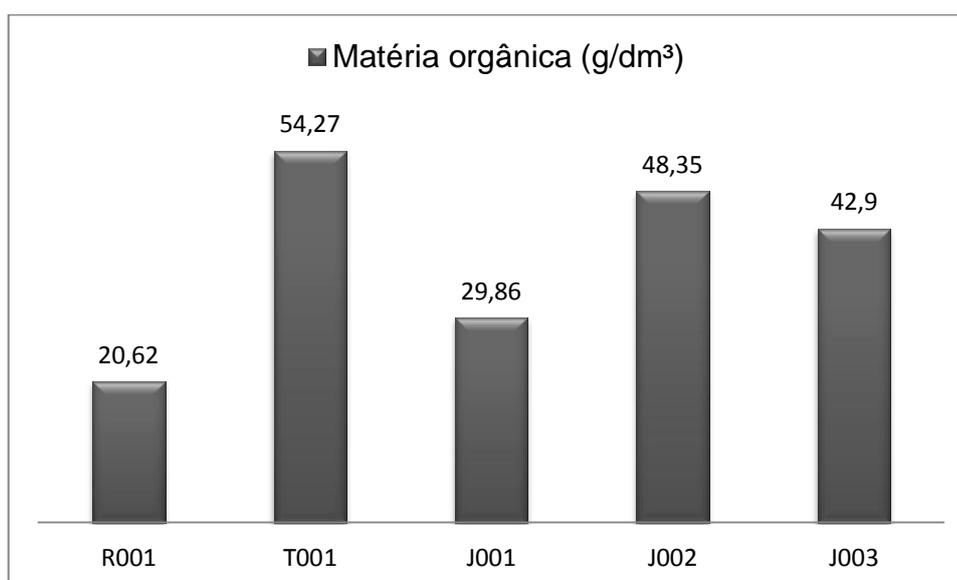


Figura 20 - Teores de matéria orgânica das amostras analisadas

Essa visão é reforçada pelo resultado do ponto de referência (R001), que mostra o valor de matéria orgânica natural do entorno da área, ou seja livre de influência de materiais em decomposição do antigo lixão (Figura 20).

De acordo com a Figura 20 é possível ainda constatar que os maiores teores de matéria orgânica encontra-se no ponto T001 e está ligado a grande quantidade de resíduos depositados ao longo dos anos, já que se trata de um local onde as coletas foram extraídas diretamente do talude do antigo lixão, reforçando, dessa maneira, que ainda existe atividade de degradação química e biológica dos resíduos, mesmo após cessado as atividades.

Na Zona 1, o ponto J002 e J003 também se destacaram em relação aos teores elevados de matéria orgânica comparados com o valor de referência.

As concentrações evidenciadas ocorreram devido ao carreamento de substâncias orgânicas pela ação de transporte das águas da chuva que se deslocam da montante (Zona 2), onde se localiza a antiga área de disposição final dos resíduos, área de maior elevação e com acentuada inclinação (Figuras 7 e 8), para a Zona 1, mais baixa e relativamente plana, como já constatado através de mapa e imagem.

Foi possível notar ainda, que o ponto J001 apresentou menor concentração para matéria orgânica se comparados aos pontos J002 e J003, isso se da diferença de altura do terreno, o ponto J001 está em uma área menos íngreme, de menor alcance, logo não ocorre significativamente escoamento superficial do talude para o local.

6.2 NITROGÊNIO TOTAL

Conforme Stevenson (1999), no processo de decomposição parte dos constituintes é perdido por lixiviação ou usado para produção de substâncias húmicas, outra parte é disponível para as plantas.

Para Kurniawan et al. (2006), em lixões, a produção de lixiviados, com concentrações elevadas de nitrogênio amoniacal são produzidas por até 50 anos após o encerramento de suas atividades.

A Figura 21 mostra os níveis de nitrogênio total nas 5 amostras coletadas.

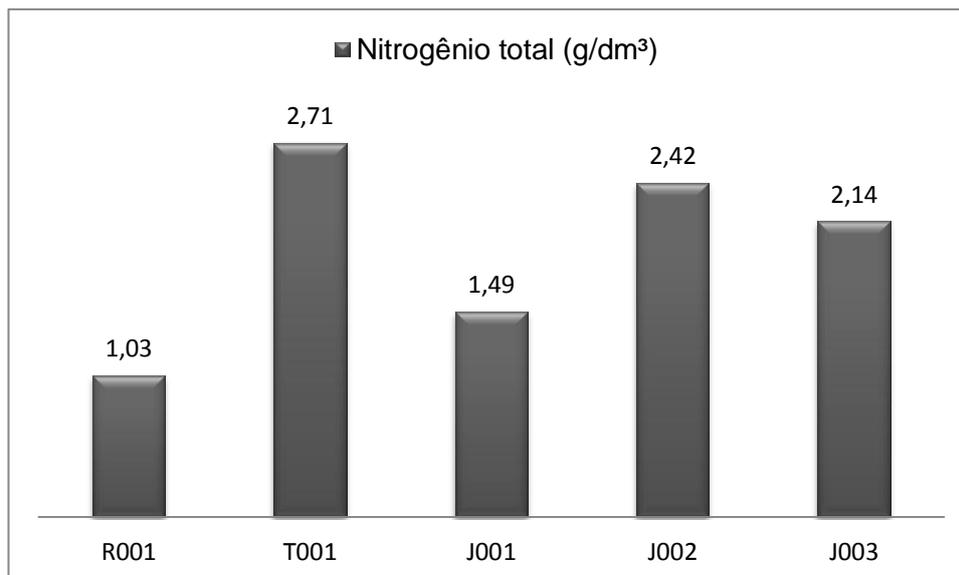


Figura 21 - Teores de nitrogênio total nas amostras

Os teores de Nitrogênios nas amostras se comportaram da mesma forma que a matéria orgânica (Figura 20), no T001 incide em um valor mais alto comparado com as demais amostras, para a matéria orgânica também, consequentemente pode-se confirmar a atividade de decomposição do talude.

No ponto J002, mesmo por se tratar de um solo natural, tem a influência de escoamento superficial de água da chuva, foi o segundo maior valor notado.

O J001 apresentou um valor menor comparada ao J002 e J003, o mesmo caso de matéria orgânica, pelo menor alcance da ação de escoamento superficial do Talude para a área que se encontra o ponto.

O ponto escolhido na Zona 3 notasse o menor valor de Nitrogênio total, demonstrando influencia significativa da área do lixão em relação ao solo natural da região.

6.3 FÓSFORO

De acordo com Horta; Torrent (2010), o fósforo disponível no solo natural é baixo, porém, em consequência da grande degradação dos resíduos sólidos em lixões provoca a fertilização, aumentando a quantidade de fósforo disponível nessas

localidades, podendo acarretar na perda desse elemento por escoamento superficial e/ou lixiviação.

Os teores de fósforo analisados para os pontos amostrados então dispostos na Figura 22.

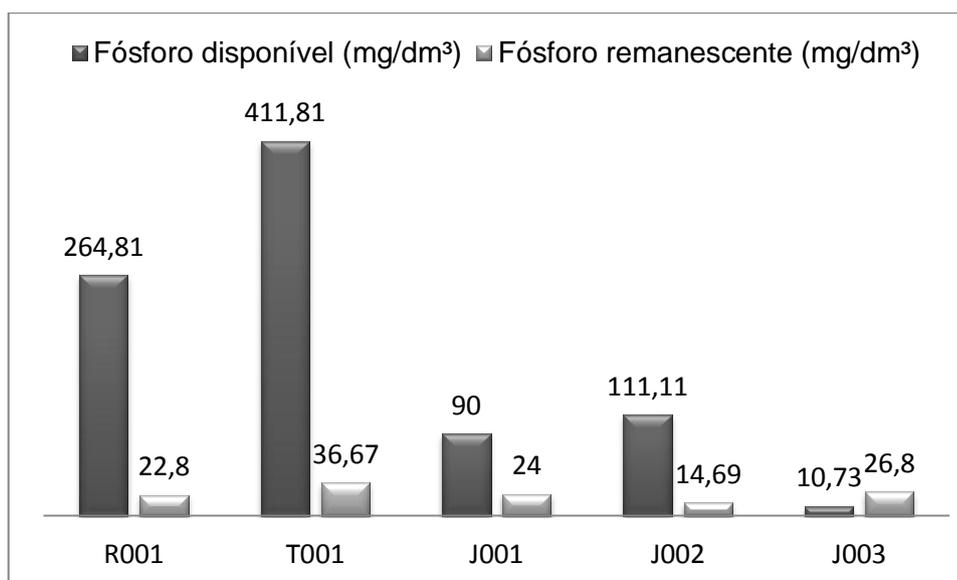


Figura 22 - Teores de fósforo nas amostras

Os níveis de fósforo (Figura 22) nas amostras mantiveram-se em padrão como os resultados de nitrogênio (Figura 21). Dessa forma a amostra T001 apresenta um alto teor de fósforo, certamente pelo alto grau de decomposição de resíduos do local.

O ponto J002, apresentou maior valor de concentração de fósforo se comparado com os pontos J001 e J003, é possível afirmar que isso ocorre devido ao acúmulo de água no local, como constatado anteriormente.

Para o R001 o nível de fósforo foi o segundo maior, este valor se encontra fora dos parâmetros, notasse que nas Figuras 20 e 21, de matéria orgânica e Nitrogênio respectivamente, foram os menores valores obtidos nesse ponto. Esta área encontrasse com solo exposto, se tratando de uma área sem a influência do lixão, este valor pode ser discrepante pelo fato de não conter plantas para a adsorção do fósforo do local, contudo necessita de estudos mais aprofundados para uma melhor avaliação no aspecto ambiental desta área.

6.4 CTC

Conforme Meuler (2006) a dissociação dos grupos funcionais constituintes da superfície do solo, geram cargas negativas na superfície da matéria orgânica presente, são balanceadas por cátions que se encontram na solução do solo.

Uma das principais contribuições para o aumento da CTC no solo é a matéria orgânica, por ser fonte de carga negativa (TEIXEIRA, 2008). Três principais fatores que altera a CTC do solo são a textura, quantidade e tipo de argila e o teor de matéria orgânica (SOARES, 2006).

De acordo com Teixeira (2008) o teor de CTC é de grande importância no solo para avaliação dos íons metálicos, a adsorção de um íon pode influenciar no aumento da CTC.

A Figura 23 apresenta os valores de CTC efetiva nos pontos amostrados.

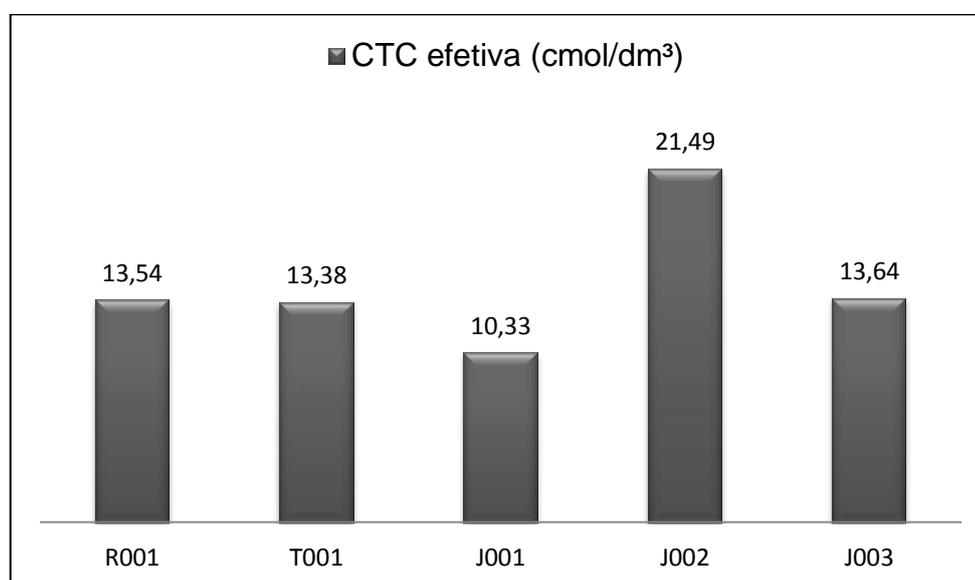


Figura 23 - Teores de CTC nas amostras

Os níveis de CTC efetiva, nas amostras manteve um padrão, em média de 13 cmol/dm³, até mesmo o ponto de referência (R001) manteve igual aos demais. O ponto central da jusante (J002) teve uma diferença significativa em relação aos demais, cerca de 21,49 cmol/dm³, localizando em uma área de baixa altitude, ocorre o acúmulo de líquido no ponto, em consequência do gradiente de declividade, pode-

se então receber lixiviado do montante de lixo acima, aumentando significativamente o valor de CTC no J002.

6.5 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Em solos agrícolas das zonas tropicais e subtropicais, quando o pH está abaixo de 5,0, pode haver predominância de cargas positivas e a medida que se eleva, passam a predominar cargas negativas na superfície das partículas (MEURER, 2006).

Conforme Soares (2006), o pH aumenta por sofrer influência direta da interação do contaminante com o solo, ocorrida pela maior densidade de cargas de superfície negativa, apresentando maiores níveis de OH^- .

Os resultados do pH em H_2O e em CaCl_2 da Tabela 9 estão inseridos na graficamente Figura 24.

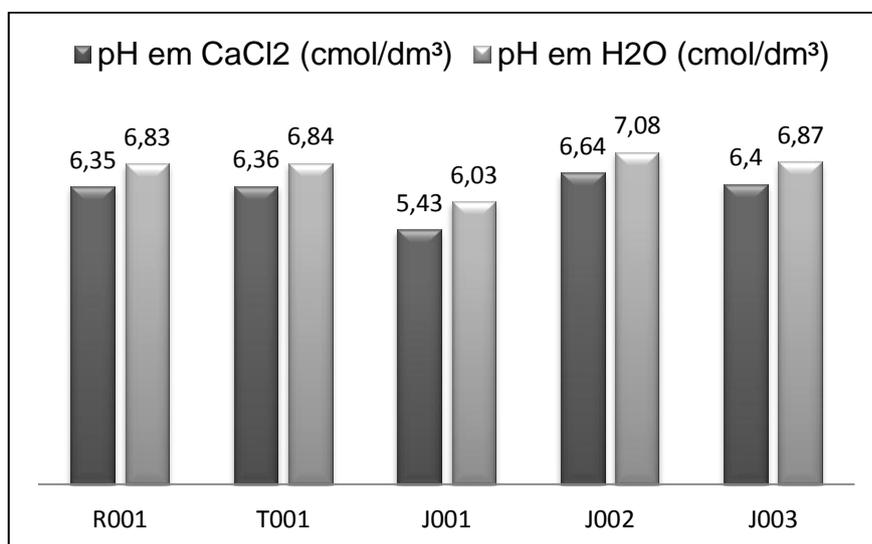


Figura 24 - Teores de pH nas amostras

Conforme Teixeira (2008) a CTC é diretamente proporcional ao valor de pH, logo o alto valor de pH resulta na elevação da CTC. Nota-se nas Figuras 23 e 24 de CTC e pH respectivamente, o maior valor de CTC na amostra J002,

consequentemente o maior valor de pH das amostras pertence ao J002, considerando o fato do ponto J002 pertencer ao ponto de influência da chuva.

6.6 CHUMBO

Por não sofrerem degradação, os metais se acumulam no solo por tempo indefinido, representados como o principal grupo de contaminantes inorgânicos (ANDRADE, 2011).

Para Yong et al (1996), em solos com alto teor de pH os metais tendem a reter e se acumular no solo, fixando na camada superficial. Conforme Azevedo; Chasin (2003), alguns dos fatores que interferem no transporte de Chumbo no solo são: pH, CTC, composição mineral do solo quantidade e tipo de matéria orgânica, presença de colóides inorgânico e óxidos de ferro.

Segundo CETESB (2005), os valores orientadores de referência para o elemento chumbo é de 17 mg/Kg, o de prevenção é de 72 mg/Kg, para valores de intervenção são consideradas as áreas agrícolas, residências e industriais, com valores de 180 mg/Kg, 300 mg/kg e 900 mg/kg respectivamente. A Tabela 11, mostra os valores das análises comparados com o de referência (CETESB 2005).

Tabela 11 - Comparativo dos valores de chumbo encontrado e de valores de orientação

		Referência	17
		Prevenção	72
	Intervenção	Agrícola	180
		Residencial	300
		Industrial	900
Resultados	Zona 3	R001	12,52
		J001	26,72
	Zona 1	J002	149,6
		J003	25,79
	Zona 2	T001	73,46

A Figura 25 apresenta os valores de chumbo nas amostras analisadas.

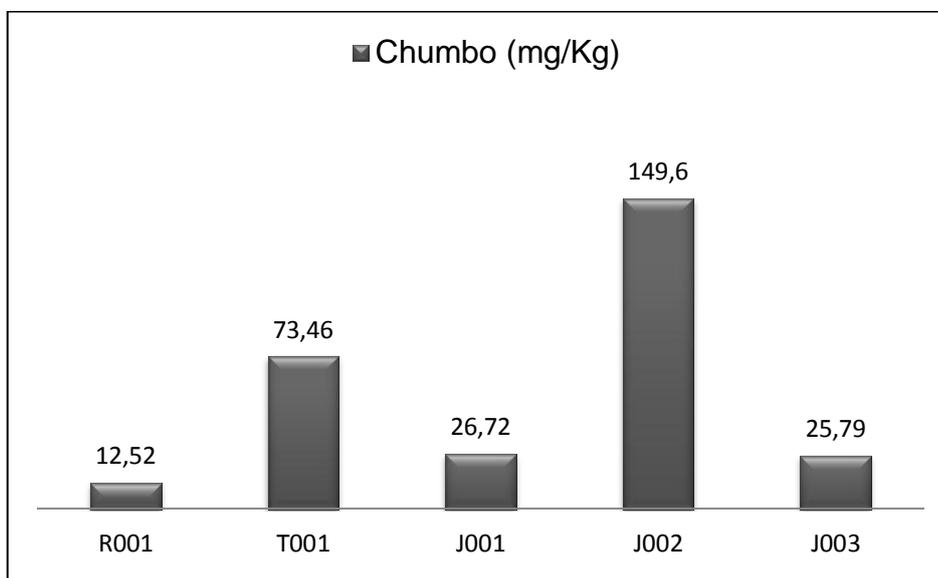


Figura 25 - Teores de Chumbo nas amostras

Conforme Teixeira (2008) a concentração de metais pesados em resíduos sólidos urbanos pode ser de 0 a 100 mg/Kg. Tendo isso como referência, os valores apresentados na Figura 25 mostra que em todos os pontos analisados apresenta detecção de chumbo em diferentes níveis de concentrações.

Para USEPA (1992), o valor médio de chumbo encontrado no solo é de 10 mg/Kg. Segundo a decisão de diretoria nº 195 de 2005 da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB, 2005), o valor máximo de referência de qualidade de solo em relação ao chumbo é de 17 mg/Kg, já o máximo valor de prevenção é de 72 mg/Kg

Conforme a Figura 25, o chumbo apresenta concentração de 12,52 mg/Kg no ponto R001, o que perfaz dentro da média apresentada pela USEPA (1992). Para Azevedo; Chasin (2003) a dispersão do chumbo pode ocorrer pela ação dos ventos, pois o elemento pode ser encontrado ligado a finas partículas dissipadas na atmosfera, já que o ponto R001 se encontra cerca de 100 m de distância da área de influência do antigo lixão,.

Com relação a esse ponto, comparando com a CETESB (2005), o resultado mostra que a concentração de chumbo se encontra abaixo do máximo valor de

referencia de qualidade do solo, apresentando assim um valor aceitável sobre a Zona 3 (Figura 9).

Todos o ponto coletado sobre a área (Zona 1 e 2) de disposição de resíduos apresenta valores acima do máximo de qualidade adotado pela CETESB (Figura 25).

Os pontos J001 e J003 tiveram valores aproximados de concentração de chumbo nas amostras, 26, 72 mg/Kg e 25, 79 mg/Kg respectivamente, com esses valores pode-se constatar uma interferência nos valores do solo natural da Zona 2, comparados com o solo da Zona 3, porem são considerados teores medianos para a contaminação do solo, já que são valores bem próximos a 17 mg/Kg, nos valores de referencia de qualidade de solo (CETES, 2005).

O valor de chumbo encontrado na amostra do T001 representando a Zona 2 (Figura 9) é cerca de 73, 46 mg/Kg, valor um pouco acima ao de referencia de prevenção (CETESB, 2005).

Para o J002 o resultado da análise esta bem acima do que aos demais pontos e ao valor de referencia de prevenção máximo adotado nos solo, que é de 72 mg/Kg (CETESB, 2005), com um valor de 149,6 mg/Kg, encontrado ao centro da jusante do lixão, esse ponto é caracterizado por ter acumulo de água decorrente de recebimento de escoamento superficial da chuva do talude acima.

As amostras T001 e J002, colaboram com a indicação de contaminação da área por chumbo de natureza antropogênica, no talude do lixão desativado de Rolândia.

A Figura 26 apresenta um comparativo entre os resultados das amostras dos pontos, em relação a pH, CTC e Chumbo e de acordo com essa análise, os valores os parâmetros mencionados estão relacionados entre si, pois o ponto J002 como indica a Figura 25, é o de maior valor de chumbo encontrado entre as amostras, consequentemente o maior valor de pH e o maior valor da CTC. Diversos autores relacionam a CTC o pH com a interação de íons no solo. Para Soares (2006), o pH em níveis elevados apresenta maior densidade de carga negativa na superfície do solo, o Chumbo é um elemento ligante a essas cargas negativas na superfície do solo (cátion), com o valor de pH de 7, 08 cmol/dm³ para o solo tropical e subtropical é dado como constituinte de cargas negativas, apresentando assim que a CTC no solo é diretamente proporcional ao valor de pH (TEIXEIRA, 2008). Assim conforme a uma aumento de pH no solo, consequentemente ocorre o aumento da CTC e por

seguinte no aumento da retenção de cátion, isto se comprova pela análise gráfica da Figura 26.

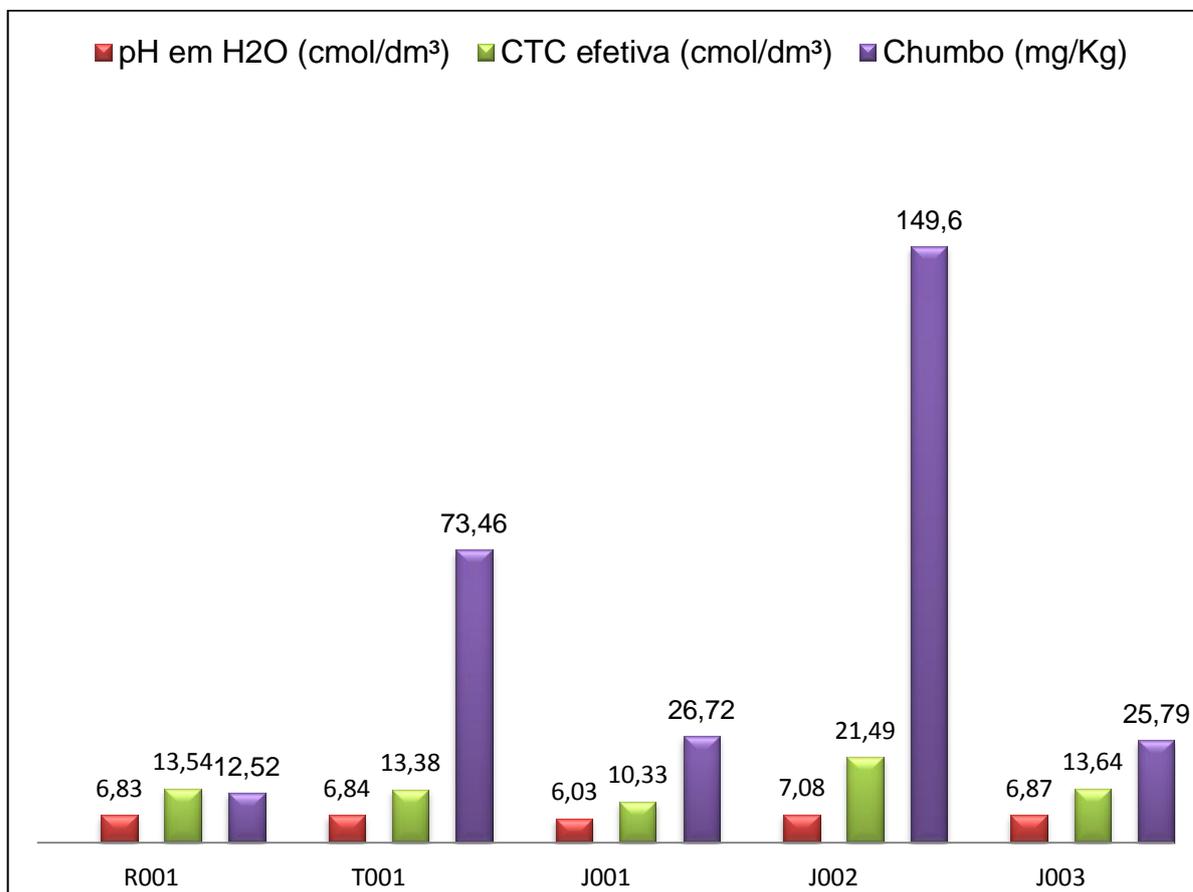


Figura 26 - Comparativo entre os valores de pH, CTC e o Chumbo

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou que as avaliações das propriedades químicas da superfície do solo da antiga área de disposição final de resíduos sólidos no município de Rolândia - PR feitas são importantes para o aspecto ambiental, evidencia que existe de fato a contaminação, tanto na área quanto em seu entorno, mesmo que cessada as atividades ocorre por muitos anos a decomposição dos materiais ali dispostos, por consequência libera contaminantes, os mesmos escoam ou infiltram sobre o solo, acarretando nas mudanças das características do solo natural da região e por consequência a saturação dos compostos presentes.

Os resultados da avaliação ambiental do local variam de acordo com a morfologia do terreno, a ação da chuva e o tipo de material dispostos. Foi verificado que ao centro da zona, é o que se tem maior declividade, com isso esta área é geralmente úmida, a ação da chuva faz com que escoam líquidos contendo elevados teores de contaminantes do processo de decomposição acima da área da jusante, tendo isso em vista o ponto central contem resultados de maiores valores comparados aos outros.

Toda a área de influência do Lixão comparada com o solo natural da região comprova que ainda existe grande atividade de decomposição dos materiais. Os teores de chumbo nas amostras apresentam valores acima do de referência de qualidade (CETESB, 2005: 17,00mg/Kg), apenas o de referência se manteve abaixo do valor, o teor mais alarmante ao centro da zona 1, o cumulativo de água é também cumulativo de metal pesado.

Mesmo que o chumbo seja um metal pesado de pouca mobilidade relativa, o mesmo pode saturar sobre o solo, com isso pode-se ter maior mobilidade, podendo atingir águas subterrâneas e por consequência o ribeirão vermelho que fica na região leste da área, no qual os valores de concentração são superiores ao de referência. O ser humano é o receptor final desse contaminante, pois o chumbo é cumulativo, acarreta assim em varias doenças de acordo com o grau de concentração no corpo humano.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – **Resíduos Sólidos**. NBR 10.004. 2004, ABNT, Rio de Janeiro.

AGEITEC – Agência Embrapa de Informações Tecnológica –**Latossolos Vermelhos**. Disponível em <
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r9rz3uhk.html> Acesso em 20 de Julho de 2014.

ANDREOLI, C. V. **Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura e sua Influência em Características Ambientais no Agrossistema**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

ALBUQUERQUE, et al. Avaliação de Um Solo Laterítico Coluvionar de Campinas/Sp, Por Diferentes Procedimentos de Determinação de Índices Físicos. **XVIII Congresso Argentino de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**, San Juan, 2006, 10 p.

ALCÂNTARA, M. A. K.; CAMARGO, O.A. Fato de Retardamento e Coeficiente de Dispersão Difusão Para o Crômio (III) em Solos Muito Intemperizados Influenciados pelo pH, Textura e Matéria Orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p 209-216, 2001.

ALLOWAY, B. J.; AYRES D. C. **Chemical principles of environmental pollution**. 2º ed. London, Editora Blackie Academic & Professional, 1997, 395p.

ANDRADE, M. G. **Fitorremediação em Bioensaio Com Solos de Área de Mineração e Processamento de Chumbo, Avaliação Sob Diferentes Métodos de Extração**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ANDRADE, M. G. **Elementos-Traço As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn em Latossolos e Plantas de Milho Após Treze Aplicações Anuais de Lodo de Esgoto**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2011.

ATSDR - AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Division of Toxicology and Human Health Sciences. **Toxicological Profile for Chromium**. Atlanta, 2012. 502 p.

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A. A. **Metais - Gerenciamento da Toxicidade**. São Paulo, Editora Atheneu - InterTox, 2003. 554p.

BAIRD, C. **Química Ambiental**, 2º ed. Porto Alegre, Editora Bookman, 2002. 622p.
BASTOS, F, A. **Estudo da Remoção de Nitrogênio Amoniacal Por Processo de Arraste com Ar (Air Stripping) em Lixiviado de Aterro Sanitário**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2º ed. São Paulo, Editora Prentice Hall, 2005, 318 p.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986 Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 17 de fevereiro de 1986.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Resolução CONAMA Nº 420, de 28 de dezembro de 2009 Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 30 de dezembro de 2009

_____. MINISTÉRIO DO TRABALHO. Portaria n.º 24/GM, de 29 de dezembro de 1994. NR 7, Norma Regulamentadora-7 - Programa de controle médico de saúde ocupacional. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 dez. 1994.

CAMARGO, O. A. et al. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. **Boletim Técnico**, n. 106, Campinas, 1996, 90p.

CARVALHO, A. L. **Contaminação de águas Subsuperficiais em Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos – O Caso do Antigo Lixão de Viçosa (MG)**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

CASTILHOS, J, A. B. et al. **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável Para Municípios de Pequeno Porte**. PROSAB – Programa de Pesquisa em saneamento Básico. Rio de Janeiro, 2003. 294p.

CAVALCANTE, S.; AMORIM, M. F. F. Profissão Perigo: Percepção de Risco à Saúde Entre os Catadores do Lixão do Jangurussu. **Revista Mal Estar e Subjetividade**. v.7, n.1, Fortaleza, Março. 2007.

CDC – CENTERS OF DISEASE CONTROL AND PREVENTION, Atlanta. Preventing lead poisoning in Young children. **U.S.Department of Health and Human Services**. Atlanta, agosto, 2005.

CLEMENTE, C. A. **Intemperismo de riólitos e riodacitos da formação serra geral (jurássico-cretáceo), das regiões Sul e Sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, Atualização**. São Paulo, 1999.

_____. **Solo – Áreas Contaminadas: Conceituação**, São Paulo: CETESB, 2001.

_____. **Tabela de Valores Orientados para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**, São Paulo, 2005.

_____. **Ficha de Informação Toxicológica - Crômio e Seus Compostos**, São Paulo: CETESB, 2012.

_____. **Áreas contaminadas**, São Paulo: CETESB, 2013.

COSTA, P. O. S. **Avaliação em Laboratório, do Transporte de Contaminantes no Solo do Aterro Sanitário de Sauipe/BA**. Dissertação (Mestrado) - Pontifício Católico, Rio de Janeiro, 2002.

CUNHA, F. G. Diagnóstico Ambiental e de Saúde Humana: Contaminação por Chumbo em Adrianópolis, no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Geologia Médica no Brasil**. v.15, p. 97-103, Agos./nov., 2008

DI BERNARDO, L. et al. **Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. 1º ed. São Carlos, Editora Rima, 2002, 248p.

DINIZ, D. T. L. **Remoção de Nitrogênio Amoniacal de Lixiviado de Aterro de Resíduos Sólidos por Precipitação Química com Formação de Estruvita.** Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

ELBACHÁ, A. T. **Estudo da influência de alguns parâmetros no transporte de massa em solos argilosos.** Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 1989.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

_____. **Cartas de Solos do Estado do Paraná – Folha SF.22-Y-D Mir – 496, Solos Florestas,** 2009.

FARIA, F. S. **Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos.** Dissertação – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

FERGUSON, J. E. **The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact And Health Effects.** 7^o ed. Nova Zelândia, Editora Pergamon, 1991. 614p.

FLECK, E. **Sistema integrado por filtro anaeróbio, filtro biológico de baixa taxa e banhado construído aplicado ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2003.

GIORDANO, G.; FILHO, O. B.; CARVALHO, R. J. **Processos Físico-químicos para Tratamento do Chorume de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos. Coletânea em Saneamento Ambiental – COAMB.** 1^o ed. V.4, Rio de Janeiro, 2011. 182p.

GOMES, L. P.; LANGE, L. C.; JUCÁ, J. F. T.; FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Resíduos sólidos: gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários Processos e monitoramento da digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos - PROSAB,** 1^o ed. Rio de Janeiro, 2006. Cap. 3, p.65-108.

GOOGLE. **Programa Google Earth,** 2014.

HORTA, M. C.; TORRENT, J. **Dinâmica do Fósforo no Solo, Perspectiva Agronômica e Ambiental**. 1º ed. Portugal, Editora IPCB, 2010. 101p.

IAPAR. Instituto agrônômico do Paraná. **Amostragem de Solo Para Análise Química: Plantio Direto E Convencional, Culturas Perenes, Várzeas, Pastagens e Campineiras**. Londrina, 1996, 28p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**, Rio de Janeiro, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=412240>>.2014. Acesso em 20 de jun de 2014.

LABORSOLO – Laboratórios de análises de diversos serviços para o setor agrônômico e industrial Disponível em < <http://www.laborsolo.com.br/site/servicos/> > . 2014. Acesso em 28 de maio de 2014.

KEIMERICH, P. D. C. et al. Impactos Ambientais Decorrentes da Disposição Inadequada de Lixo Eletrônico no Solo. **Revista de Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal**, v. 10, n 2, p. 208 – 219, mar./abri.2013.

KING, L.D. Retention of metals by several soils of the Southeastern United States. **Journal of Environmental Quality**, v.17, n.2, p. 239-246, Jan/Abr, 1988.

KJELDSEN, P. et al. Present and long-term composition of msw landfill leachate: A review. **Environmental Science and Technology**, v. 32, n.4, p.297 - 336, 2002.

KORTE, N. E. et. al. Trace element movement in soils: Influence of soil physical and chemical properties. **Soil. Science**, v.122, n.6, p. 350-359, Dez 1976.

KURNIAWAN, T. A.; LO, W. H.; Chan, g. y. Physico-Chemical Treatments for Removal of Recalcitrante Contaminants from Landfill Leachete. **Jornal of hazardous materials**, v.129 , n.(1-3), p. 80 -100, fevereiro 2006.

LAUERMANN, A. **Caracterização Química dos Efluentes Gerados Pelo Aterro Controlado de Santa Maria e Retenção de Chumbo e Zinco Por um Argissolo da Depressão Central do Rio Grande do Sul**, Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

MARIOTTI, A. Nitrate: Un Polluant do Longue Durée, **Pollution Atmosphérique**, p. 97-103, Out/Dez 1998.

MELO, A. C. A. **Resíduos Sólidos Domiciliares na Cidade de Rolândia –PR: Coleta Seletiva e Reaproveitamento – reciclagem**. Monografia de Conclusão de Curso. Departamento de Geociências/CCE. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1999.

_____. **Diagnóstico da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos e Propostas de Diretrizes: Rolândia/PR**, Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2004.

MELO, A. C. A.; BARROS, M. V. F.; FERNANDES, F. Diagnóstico da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Rolândia (PR). **Revista de Geografia. MT(Londrina)**, v.20, n.2, p. 5-28, Mai/Agos, 2011.

MENDONÇA, F.A. **O Clima e o Planejamento Urbano de cidades de porte médio e pequeno-proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina-PR**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 1995.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4º ed. Boston, Editora McGraw-Hill, 2003. 1819p.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 2º. ed. Porto Alegre, Editora Gênese, 2004. 71p.

MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental**. 2 v. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

MORAIS, J. L. **Estudo da Potencialidade de Processos Oxidativos Avançados, Isolados e Integrados com Processos Biológicos Tradicionais, para Tratamento de Chorume de Aterro Sanitário**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. Os Efeitos do Chumbo Sobre o Organismo Humano e seu Significado para Saúde. **Revista Panamericana de Salud Publica**. V.15, n. 2, p. 199 – 129, 2004.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil** - Rio de Janeiro: IBGE, 2ª ed., Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

MENDONÇA, F. de A. **O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR**. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

PASTORE, E. L.; FONTES, R. M. Caracterização e classificação de solos. In: OLIVEIRA, S.A. M.; BRITO, N. A. (Eds). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998, p. 197-210.

PELLEGRINO, S. A. C. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios de Pequeno Porte: Sistematização de Diretrizes e Procedimentos**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1983.

POSSAMAI, F. P. et. al. Lixões inativos na região carbonífera de Santa Catarina: análise dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente. **Revista de Ciência & Saúde Coletiva**, v.12, n.1, p. 171-179, Janeiro/Março 2007.

REIS, J.A.T.; MENDONÇA, A.S.F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Revista de Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v.14, n.3, p. 353-362, Rio de Janeiro 2009.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental**. 2º ed. Porto Alegre, Editora Bookman, 2009. 256 p.

RODRIGUES, F. S. F. **Aplicação da ozonização e do reativo de Fenton como pré-tratamento de chorume com os objetivos de redução da toxicidade e do impacto no processo biológico**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SANTOS, A.C. B. **Interação da Matéria Orgânica de Extratos de Plantas com Metais no Solo**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2004.

SANTOS, A. P. G. **Poluição de Solos: Contaminação, Remediação e Prevenção.** Monografia (Conclusão de Curso) - Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2004.

SANTOS, M.M.; CELLIGOI, A. Avaliação Hidrogeológica nas adjacências do antigo Lixão de Rolândia-Pr. XIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, p.195-204, 2003.

SISSINO, C. L.S.; MOREIRA, J. C. Avaliação da Contaminação e Poluição Ambiental na Área de Influência do Aterro Controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil, **Revista Avaliação da Poluição Ambiental**, v.12, n.4, p 515-523, outubro/dezembro, Rio de Janeiro, 1996.

SOARES, R. P. **Caracterização Geoquímica dos Solos Lateríticos da Área do Sítio de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos de Londrina, PR.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

SPARKS, D. L. **Soil Physical Chemistry**, 2^o ed. Florida, Editora Taylor e Francis Group, 1998. 432 p.

STEVENSON, F.J. **Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients.** 2^o ed. New York, Editora John Wiley & Sons, 1999. 427 p.

STIPP, N. A. F.; Principais tipos de solos da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M. E. BIANCHINI, E., SHIBATTA, O. A., PIMENTA. J. A; (Ed). **A bacia do rio Tibagi.** Londrina: UEL, 2002, p. 39-44.

TEIXEIRA, R. S. **Caracterização e Avaliação da Contaminação do Solo Laterítico da Área do Depósito de Resíduos Sólidos Urbanos de Londrina por Metais Pesados.** Tese (Doutorado) – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2008.

TSUTIYA. M. T. et al. **Biossólidos na Agricultura.** 2^o ed. São Paulo, Editora ABES, 2002. 468 p.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Behavior Of Metals In Soils.** EPA/540/S-92/018, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, 1992. 25p.

VALE, C. B.; HAIE, N. **Efeitos Prejudiciais na Saúde Humana Derivados por Ingestão de Nitratos na Zona Vulnerável (Freguesias: Fonte Boa, Gandra, Gemeses, Rio Tinto)**. 8º Congresso da Água, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Portugal, 2006

WEBER et al. Cargas Elétricas Estruturais e Variáveis de Solos Tropicais Altamente Intemperizados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n.6, p 867-873, novembro/dezembro, Viçosa, 2005.

YONG, R. N.; MOHAMED, A. M. O.; WARKENTIN, B. P. **Principles of contaminant transport in soils**. 2ªed. Amsterdam, Editora Elsevier, 1996. 327p.

ANEXO 1



Data Entrada: 21/05/2014 Data Saída: 27/05/2014 Cód. Lab.: 17702/86065
 Material: SOLO Cód. Int.: AMOSTRA R001

RESULTADO DE ANÁLISE

Análise	Determinação	<i>In Natura</i>	Base Seca (65°C)
Chumbo	Pb	12,52 mg/Kg	***

Observações:

- Os resultados acima representam a amostra entregue ao Laboratório, pelo interessado.


 Carlos Eduardo de C. Alcida
 Engenheiro Agrônomo
 CREA-PR: 127660/D

** ESTE LABORATÓRIO PARTICIPA DO PROGRAMA ESTADUAL DE CONTROLE DE QUALIDADE (C.E.L.A.) **



Data Entrada: 21/05/2014
Material: SOLO

Data Saída: 27/05/2014

Cód. Lab.: 17702/86064
Cód. Int.: AMOSTRA T001

RESULTADO DE ANÁLISE

Análise	Determinação	<i>In Natura</i>	Base Seca (65°C)
Chumbo	Pb	73,46 mg/Kg	+++

Observações:

- Os resultados acima representam a amostra entregue ao Laboratório, pelo interessado.


Carlos Eduardo de C. Almeida
Engenheiro Agrônomo
CREA-PR: 127660/D

** ESTE LABORATÓRIO PARTICIPA DO PROGRAMA ESTADUAL DE CONTROLE DE QUALIDADE (C.E.L.A.) **



Data Entrada: 21/05/2014
Material: SOLO

Data Saída: 27/05/2014

Cód. Lab.: 17702/86061
Cód. Int.: AMOSTRA J001

RESULTADO DE ANÁLISE

Análise	Determinação	<i>In Natura</i>	Base Seca (65°C)
Chumbo	Pb	26,72 mg/Kg	***

Observações:

- Os resultados acima representam a amostra entregue ao Laboratório, pelo interessado.


Carlos Eduardo de C. Almeida
Engenheiro Agrônomo
CREA-PR: 127660/D

** ESTE LABORATÓRIO PARTICIPA DO PROGRAMA ESTADUAL DE CONTROLE DE QUALIDADE (C.E.L.A.) **



Data Entrada: 21/05/2014
Material: SOLO

Data Saída: 27/05/2014

Cód. Lab.: 17702/86062
Cód. Int.: AMOSTRA J002

RESULTADO DE ANÁLISE

Análise	Determinação	<i>In Natura</i>	Base Seca (65°C)
Chumbo	Pb	149,60 mg/Kg	***

Observações:

- Os resultados acima representam a amostra entregue ao Laboratório, pelo interessado.


Carlos Eduardo de C. Almeida
Engenheiro Agrônomo
CREA-PR: 127660/D

** ESTE LABORATÓRIO PARTICIPA DO PROGRAMA ESTADUAL DE CONTROLE DE QUALIDADE (C.E.L.A.) **



Data Entrada: 21/05/2014
Material: SOLO

Data Saída: 27/05/2014

Cód. Lab.: 17702/86063
Cód. Int.: AMOSTRA J003

RESULTADO DE ANÁLISE

Análise	Determinação	<i>In Natura</i>	Base Seca (65°C)
Chumbo	Pb	25,79 mg/Kg	***

Observações:

- Os resultados acima representam a amostra entregue ao Laboratório, pelo interessado.


Carlos Eduardo de C. Almeida
Engenheiro Agrônomo
CREA-PR: 127660/D

** ESTE LABORATÓRIO PARTICIPA DO PROGRAMA ESTADUAL DE CONTROLE DE QUALIDADE (C.E.L.A.) **

CÓD. INTERES. AMOSTRA R001

RESULTADO DE ANÁLISE QUÍMICA DE TERRA

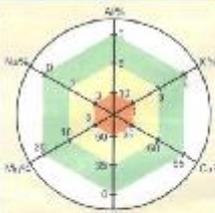
BÁSICA		NÍVEL DE SUFICIÊNCIA		
ELEMENTOS	TEOR	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Calcio (Ca^{++})	10,03			
Magnésio (Mg^{++})	3,08			
Potássio (K^+)	0,38			
Sódio (Na^+)	0,06			

CTC (pH 7,0)	16,12			
CTC (efetiva)	13,54			
Saturação por Bases (V %)	84,01			
Fósforo Disponível (P)	264,81			
Fósforo Remanescente (P-Rem.)	22,80			

Matéria Orgânica (M.O.)	20,62			
Nitrogênio Total (N)	1,03			
Enxofre (SO_4^2-)	***			

MICRONUTRIENTES		NÍVEL DE SUFICIÊNCIA		
ELEMENTOS	TEOR	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Manganês (Mn)	***			
Ferro (Fe)	***			
Cobre (Cu)	***			
Zinco (Zn)	***			
Boro (B)	***			

REAÇÃO DO SOLO			
DETERMINAÇÃO	ÍNDICE	ELEMENTOS	TEOR
pH em CaCl_2	6,35	Acidez Trocável (Al^{3+})	0,00
pH em SMP	6,68	Acidez Potencial (H + Al)	2,58
pH em H_2O	6,63	Acidez Não Trocável (H ⁺)	2,58

ÍNDICES DE SATURAÇÃO		LEGENDA
Ca %	82,21	 <p> ■ EQUILIBRADO ■ LIMITE DE TOLERÂNCIA ■ DESEQUILÍBRIO ■ EXCESSIVO </p>
Mg %	19,08	
K %	2,36	
Na %	0,35	
H %	15,99	
Al %	0,00	

CAPACIDADE TAMPÃO			
Disponibilidade	Fósforo (P)	Enxofre (SO_4)	Zinco (Zn)
Nível Crítico (mg/dm^3)	12,86	***	***
Valor Relativo (%)	2090	***	***

DOSES PARA RESTITUIR O EQUILÍBRIO DE SATURAÇÃO		
cmol/dm^3	MÍNIMO	MÁXIMO
Potássio (K^+)	0,10	0,42
Cálcio (Ca^{++})	***	0,45
Magnésio (Mg^{++})	***	0,15

EXTRATORES	
(P, K, Na):ISO	MEHLICH-I:***
(Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Al ³⁺)	KCl 1N
(Mn, Fe, Cu, Zn):(B)	***:***

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Carlos Eduardo de C. Almeida - CREA-PR-127660/D

Observação: Este resultado representa a amostra entregue pelo interessado.



CÓD. INTERES. AMOSTRA T001

RESULTADO DE ANÁLISE QUÍMICA DE TERRA

BÁSICA		NÍVEL DE SUFICIÊNCIA		
ELEMENTOS	TEOR	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Cálcio (Ca^{2+})	9,76			
Magnésio (Mg^{2+})	2,21			
Potássio (K^+)	1,18			
Sódio (Na^+)	0,23			

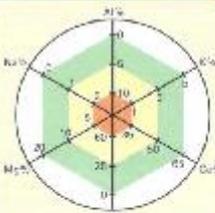
CTC (pH 7,0)	15,31			
CTC Inefetiva	13,38			
Saturação por Bases (V %)	87,39			

Fósforo Disponível (IP)	411,81			
Fósforo Remanescente (P-Rem.)	38,67			

Matéria Orgânica (M.O.)	54,27			
Nitrogênio Total (N _T)	2,71			
Enxofre (S _O)	***			

MICRONUTRIENTES		NÍVEL DE SUFICIÊNCIA		
ELEMENTOS	TEOR	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Manganês (Mn)	***			
Ferro (Fe)	***			
Cobre (Cu)	***			
Zinco (Zn)	***			
Boro (B)	***			

REAÇÃO DO SOLO			
DETERMINAÇÃO	ÍNDICE	ELEMENTOS	TEOR
pH em CaCl ₂	6,36	Acidez Trocável (Al^{3+})	0,00
pH em SMP	7,08	Acidez Potencial (H ⁺ + Al)	1,93
pH em H ₂ O	6,84	Acidez Não Trocável (H ⁺)	1,93

ÍNDICES DE SATURAÇÃO		LEGENDA
Ca %	83,77	
Mg %	14,41	
K %	7,88	
Na %	1,52	
H %	12,81	
Al %	0,00	

CAPACIDADE TAMPÃO			
Disponibilidade	Fósforo (IP)	Enxofre (S _O)	Zinco (Zn)
Nível Crítico (mg/dm ³)	18,89	***	***
Valor Relativo (%)	2203	***	***

DOSES PARA RESTITUIR O EQUILÍBRIO DE SATURAÇÃO		
cmol/dm ³	MINÍMO	MÁXIMO
Potássio (K^+)	***	***
Cálcio (Ca^{2+})	***	0,19
Magnésio (Mg^{2+})	***	0,86

EXTRATORES	
(P,K ⁺ ,Na ⁺);(SO ₄)	MEHLICH-I:***
(Ca ²⁺ ,Mg ²⁺ ,Al ³⁺)	KCl 1N
(Mn,Fe,Cu,Zn);(B)	***:***

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Carlos Eduardo de C. Almeida - CREA-PR: 127660/D



Observação: Este resultado representa a amostra entregue pelo interessado.

CÓD. INTERES. AMOSTRA J001

RESULTADO DE ANÁLISE QUÍMICA DE TERRA

BÁSICA		NÍVEL DE SUFICIÊNCIA		
ELEMENTOS	TEOR	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Cálcio (Ca ²⁺)	6,74			
Magnésio (Mg ²⁺)	2,54			
Potássio (K ⁺)	0,98			
Sódio (Na ⁺)	0,07			

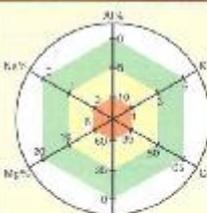
CTC (pH 7,0)	13,09			
CTC (ativa)	10,33			
Saturação por Bases (V %)	78,93			

Fósforo Disponível (IP)	80,00			
Fósforo Remanescente (P-Rem.)	24,00			

Matéria Orgânica (M.O.)	29,86			
Nitrogênio Total (N)	1,48			
Enxofre (SO ₂)	***			

MICRONUTRIENTES		NÍVEL DE SUFICIÊNCIA		
ELEMENTOS	TEOR	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Manganês (Mn)	***			
Ferro (Fe)	***			
Cobre (Cu)	***			
Zinco (Zn)	***			
Boro (B)	***			

REAÇÃO DO SOLO			
DETERMINAÇÃO	ÍNDICE	ELEMENTOS	TEOR
pH em CaCl ₂	6,43	Acidez Trocável (Al ³⁺)	0,00
pH em SMP	6,79	Acidez Potencial (H + Al)	2,76
pH em H ₂ O	6,03	Acidez Não Trocável (H ⁺)	2,76

ÍNDICES DE SATURAÇÃO		LEGENDA
Ca %	51,54	 <p> ■ EQUILIBRADO ■ LIMITE DE TOLERÂNCIA ■ DESEQUILÍBRIO ■ EXCESSIVO </p>
Mg %	19,39	
K %	7,47	
Na %	0,53	
H %	21,07	
Al %	0,00	

CAPACIDADE TAMPÃO			
Disponibilidade	Fósforo (IP)	Enxofre (SO ₂)	Zinco (Zn)
Nível Crítico (mg/dm ³)	13,34	***	***
Valor Relativo (%)	675	***	***

DOSES PARA RESTITUIR O EQUILÍBRIO DE SATURAÇÃO		
cmo/dm ³	MÍNIMO	MÁXIMO
Potássio (K ⁺)	***	***
Cálcio (Ca ²⁺)	***	1,76
Magnésio (Mg ²⁺)	***	0,08

EXTRATORES	
(P, K ⁺ , Na ⁺); ISO ²	MEHLICH-I; ***
(Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Al ³⁺)	KCl 1N
(Mn, Fe, Cu, Zn); IB	***; ***

 RESPONSÁVEL TÉCNICO: 
 Carlos Eduardo de C. Almeida - CREA-PR: 127680/D


Observação: Este resultado representa a amostra entregue pelo interessado.

CÓD. INTERES. AMOSTRA J002

RESULTADO DE ANÁLISE QUÍMICA DE TERRA

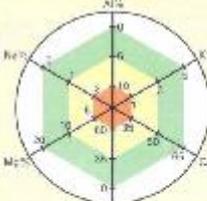
BÁSICA		NÍVEL DE SUFICIÊNCIA		
ELEMENTOS	TEOR	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Cálcio (Ca ²⁺)	11,86			
Magnésio (Mg ²⁺)	6,16			
Potássio (K ⁺)	1,96			
Sódio (Na ⁺)	1,52			

CTC (pH 7,0)	23,18			
CTC (efetiva)	21,49			
Saturação por Bases (V %)	92,72			
Fósforo Disponível (P)	111,11			
Fósforo Remanescente (P-Rem.)	14,69			

Matéria Orgânica (M.O.)	48,35			
Nitrogênio Total (N _T)	2,42			
Enxofre (S _T)	***			

MICRONUTRIENTES		NÍVEL DE SUFICIÊNCIA		
ELEMENTOS	TEOR	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Manganês (Mn)	***			
Ferro (Fe)	***			
Cobre (Cu)	***			
Zinco (Zn)	***			
Boro (B)	***			

REAÇÃO DO SOLO			
DETERMINAÇÃO	ÍNDICE	ELEMENTOS	TEOR
pH em CaCl ₂	6,64	Acidez Trocável (Al ³⁺)	0,00
pH em SMP	7,45	Acidez Potencial (H + Al)	1,69
pH em H ₂ O	7,08	Acidez Não Trocável (H ⁺)	1,69

ÍNDICES DE SATURAÇÃO		LEGENDA	
Ca %	51,15		<ul style="list-style-type: none"> EQUILIBRADO LIMITE DE TOLERÂNCIA Desequilíbrio EXCESSIVO
Mg %	26,58		
K %	8,44		
Na %	6,55		
H %	7,28		
Al %	0,00		

CAPACIDADE TAMPÃO			
Disponibilidade	Fósforo (P)	Enxofre (S _T)	Zinco (Zn)
Nível Crítico (mg/cm ³)	9,74	***	***
Valor Relativo (%)	1141	***	***

DOSES PARA RESTITUIR O EQUILÍBRIO DE SATURAÇÃO		
cmol/dm ³	MINIMO	MÁXIMO
Potássio (K ⁺)	***	***
Cálcio (Ca ²⁺)	***	3,21
Magnésio (Mg ²⁺)	***	***

EXTRATORES	
(P,K ⁺ ,Na ⁺);(SO ₄ ²⁻)	MEHLICH-I;***
(Ca ²⁺ ,Mg ²⁺ ,Al ³⁺)	KCl 1N
(Mn,Fe,Cu,Zn);(B)	***;***

RESPONSÁVEL TÉCNICO: 
Carlos Eduardo de C. Almeida - CREA-PR: 127680/O



Observação: Este resultado representa a amostra entregue pelo interessado.



CÓD. INTERES. AMOSTRA J003

RESULTADO DE ANÁLISE QUÍMICA DE TERRA

BÁSICA		NÍVEL DE SUFICIÊNCIA		
ELEMENTOS	TEOR	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Cálcio (Ca^{2+})	8,34			
Magnésio (Mg^{2+})	3,97			
Potássio (K^+)	1,24			
Sódio (Na^+)	0,08			

CTC (pH 7,0)	15,75			
CTC (efetiva)	13,64			
Saturação por Bases (V %)	86,60			

Fósforo Disponível (IP)	10,73			
Fósforo Remanescente (P-Rem.)	26,80			

Matéria Orgânica (M.O.)	42,80			
Nitrogênio Total (N)	2,14			
Enxofre (SO_2)	***			

MICRONUTRIENTES		NÍVEL DE SUFICIÊNCIA		
ELEMENTOS	TEOR	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Manganês (Mn)	***			
Ferro (Fe)	***			
Cobre (Cu)	***			
Zinco (Zn)	***			
Boro (B)	***			

REAÇÃO DO SOLO			
DETERMINAÇÃO	ÍNDICE	ELEMENTOS	TEOR
pH em CaCl_2	8,40	Acidez Trocável (Al^{3+})	0,00
pH em SMP	7,15	Acidez Potencial (H + Al)	2,11
pH em H_2O	8,87	Acidez Não Trocável (H^+)	2,11

ÍNDICES DE SATURAÇÃO		LEGENDA	
Ca %	52,98		EQUILIBRADO LIMITE DE TOLERÂNCIA DESEQUILÍBRIO EXCESSIVO
Mg %	25,20		
K %	7,90		
Na %	0,52		
H %	13,40		
Al %	0,00		

CAPACIDADE TAMPÃO			
Disponibilidade	Fósforo (IP)	Enxofre (SO_2)	Zinco (Zn)
Nível Crítico (mg/dm^3)	14,47	***	***
Valor Relativo (%)	74	***	***

DOSES PARA RESTITUIR O EQUILÍBRIO DE SATURAÇÃO		
cmol/dm^3	MINIMO	MÁXIMO
Potássio (K^+)	***	***
Cálcio (Ca^{2+})	***	1,89
Magnésio (Mg^{2+})	***	***

EXTRATORES	
(P, K ⁺ , Na ⁺):ISO	MEHLICH-I, ***
(Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Al ³⁺)	KCl 1N
(Mn, Fe, Cu, Zn):B	***,***

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
Carlos Eduardo de C. Almeida - CREA-PR: 127680/D



Observação: Este resultado representa a amostra entregue pelo interessado.