

**COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA
DO SOLO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DO
MUNICÍPIO DE CÁCERES-MT**

ARLEME JANISSARA DE OLIVEIRA ALCANTARA

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais para obtenção do título de Mestre.

**CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2010**

ARLEME JANISSARA DE OLIVEIRA ALCANTARA

**COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA
DE DISPOSIÇÃO FINAL DO MUNICÍPIO DE CÁCERES-MT**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli.

**CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2010**

ARLEME JANISSARA DE OLIVEIRA ALCANTARA

**COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA
DE DISPOSIÇÃO FINAL DO MUNICÍPIO DE CÁCERES-MT**

Essa dissertação foi julgada e aprovada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Cáceres-MT, 16 de Março de 2010.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Áurea Regina Alves Ignácio

Universidade do Estado de Mato Grosso - Cáceres - MT

Prof^a Dra. Walcylene Lacerda Matos Pereira Scaramuzza .

Universidade Federal do Estado de Mato Grosso - Cuiabá - MT



Prof^a. Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli

Universidade do Estado de Mato Grosso - Cáceres – MT
(Orientadora)

**CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2010**

Dedicatória

Ao meu Deus, que me conduz nos caminhos da vida entre flores e pedras, nas quais sempre me reergue, estendendo sua mão.

*Em especial, a minha mãe, que um dia quero alcançá-la em
sabedoria, fé e perseverança.
Ao meu Pai (in memoriam)...*

*Aos meus irmãos Arlete, Arlécio, Arledson, Arlébio e Arlexon, meu
alicerce, que sempre estiveram ao meu lado, em momento de risos ou
de lágrimas.*

*À minha família, em especial à minha cunhada Marinalva, que
diante das minhas dificuldades, sempre conseguiu arrancar de mim
um sorriso e reaver a esperança*

*Dedico em especial, ao meu esposo Airenó e minhas filhas Bruna e
Yasmin, pela paciência e amor incondicional, por ser meu porto
seguro durante esta jornada*

AGRADECIMENTOS

À Profª Drª Maria Aparecida Pereira Pierangeli, pela oportunidade, dedicação, paciência e disposição em dividir comigo seu conhecimento e experiência.

Ao Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, que proporcionou a conquista de mais essa vitória em minha vida.

Aos funcionários do mestrado Ediléia, Kele e Ricardo.

A toda equipe do Laboratório de Solos da UNEMAT /Campus de Pontes e Lacerda-MT, em especial ao Luiz e a Ligia.

Ao professor Juberto Babilônia de Sousa, pelo auxílio e essencial participação na descrição e perfil do solo.

A todos os professores, pela contribuição no meu crescimento acadêmico-científico.

Ao professor Lázaro José de Oliveira pelas orientações e apoio.

Ao meu amigo Josué por fazer acreditar em meu potencial.

À todos os meus colegas da Coordenadoria de Vigilância em Saúde de Cáceres-MT, em especial ao Alex, Izaque, Assunção, Andréia Carlino, Liberto, e Neves, pelo apoio e colaboração nas etapas desse trabalho.

A equipe da SANETRAN, pela colaboração na coleta de amostras.

Aos meus colegas da Escola Ana Maria das Graças de Souza Noronha, pelo quais nutro respeito e admiração.

Aos meus colegas do Mestrado em Ciências Ambientais, por dividir comigo os momentos de ansiedade e angústia e também pelo carinho e laços de ternura construídos nesse período.

Aos meus queridos amigos Ângela e Wilkinson, pela generosidade e colaboração neste trabalho.

A Amélia pelo carinho e dedicação com as minhas filhas na minha ausência.

ÍNDICE

	Página
Lista de tabelas	07
Lista de quadros	08
Lista de figuras.....	09
Resumo.....	11
Abstract.....	12
Introdução geral	13
Referências.....	18
Capítulo I Composição gravimétrica dos resíduos sólidos de Cáceres-MT.....	20
Resumo.....	20
Abstract.....	20
Introdução.....	21
Materiais e métodos	28
Resultados e discussão.....	35
Conclusões	41
Referencias	42
Capítulo II Teores de metais pesados no solo do lixão de Cáceres-MT..	45
Resumo.....	45
Abstract.....	45
Introdução.....	46
Materiais e métodos	62

Resultados e discussão.	67
Conclusões	78
Considerações finais.....	78
Referencias	81
Anexos.....	87
Apêndices	88

LISTA DE TABELAS

Página

Capítulo I

Tabela 1 Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos gerados no Brasil.....	24
Tabela 2 Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Cáceres-MT	35
Tabela 3 Composição gravimétrica (%) dos resíduos sólidos urbanos de alguns municípios do Brasil e do município de Cáceres.....	37
Tabela 4 Estimativa de alguns materiais descartados anualmente em Cáceres-MT e seu potencial econômico.....	40

Capítulo II

Tabela 1 Teores médios das frações granulométricas nas profundidades 0-0,2 e 02-0,4 m na Área Natural, Ativa e Inativa do Lixão de Cáceres-MT	68
Tabela 2 Teores médios de metais pesados e As encontrados nas profundidades 0,2 e 0,4 m na Área Natural, Ativa e Inativa do Lixão de Cáceres-MT.....	70
Tabela 3 Valores médios de alguns atributos químicos do solo da Área Natural, Área Ativa e Área Inativa	74

LISTA DE QUADRO

Página

Capítulo I

Quadro 1 Plano de coleta do lixo de Cáceres-MT com indicação dos setores, bairros, frequência e turno.....	30
--	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
Capítulo I	
Figura 1 Localização do município de Cáceres-MT.....	29
Figura 2 Armazenamento do lixo coletado para análise da composição gravimétrica dos RSUs.....	32
Figura 3 Lixo sendo desensaculado para triagem.....	33
Figura 4 Separação do lixo por componentes.....	33
Figura 5 Pesagem do lixo.....	34
Figura 6 Matéria orgânica disposta para triagem, coletada dos RSUs do município de Cáceres-MT	36
Figura 7 Plásticos rígidos e plásticos maleáveis presentes no resíduo sólido urbano do município de Cáceres-MT.....	38
Figura 8 Presença de catadores no do Lixão de Cáceres-MT.....	39
Figura 9 Papelão sendo separado e pesado no galpão de triagem.....	39
Capítulo II	
Figura 1 Localização da área do Lixão de Cáceres-MT.....	63
Figura 2 Obra inacabada do Aterro sanitário de Cáceres-MT onde pode ser observada a manta de impermeabilização destruída.....	63
Figura 3 Resíduos sólidos urbanos depositados à céu aberto no lixão de Cáceres-MT. (A = resíduos da saúde; B = lixo doméstico.).....	64
Figura 4 Desenho esquemático das três subáreas de estudo no lixão de Cáceres-MT.....	65
Figura 5 Boxplot dos teores de Cr no solo das áreas natural (AN), área ativa (AA) e inativa (AI) do Lixão de Cáceres-MT.....	72
Figura 6 Boxplot dos teores de Ni no solo das áreas Natural (AN), ativa (AA) e inativa (AI) do Lixão de Cáceres-MT.....	72
Figura 7 Boxplot dos teores de matéria orgânica (MO) no solo das áreas natural (AN), ativa (AA), e inativa (AI) do Lixão de Cáceres-MT.....	73

Figura 8 Boxplot dos valores da CTC _{efe} no solo das áreas Natural (A1), ativa (AA) e inativa (AI) do Lixão de Cáceres-MT.....	75
Figura 9 Correlação entre os valores de pH em água e os teores de Cr do solo da área do Lixão de Cáceres-MT.....	76
Figura 10 Boxplot dos teores de Ni no solo da área natural (AN) na profundidades 0-0,2 e 0,2-0,4 m do Lixão de Cáceres-MT.	76
Figura 11 Proporção da CTC a pH 7,0 ocupada por cátions ácidos e cátions básicos do solo das áreas natural (AN), área ativa (AA), e inativa (AI) do Lixão de Cáceres-MT.....	77
Figura 12 Boxplot dos valores da acidez potencial no solo das áreas natural (AN), área ativa (AA) e inativa (AI) do Lixão de Cáceres-MT.....	78

RESUMO

ALCÂNTARA, Arleme Janissara de Oliveira. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MT.** Cáceres: UNEMAT, 2010. 88 p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais) ¹.

O avanço da urbanização somado à crescente demanda por bens de consumo são fatores que tem favorecido o progressivo aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU). Cerca de 59% dos municípios no Brasil destinam os RSU produzidos aos lixões, depositando-os diretamente no solo, podendo comprometer a qualidade ambiental, contaminando o ar, solo, águas subterrâneas e superficiais, principalmente por metais pesados. Estes metais também têm origem natural em decorrência do material de origem e dos seus processos de formação do solo. O presente trabalho teve como objetivos caracterizar a composição gravimétrica do lixo produzido na cidade de Cáceres-MT, avaliar a fertilidade e determinar os teores dos metais pesados Cr, Pb, Hg, Ni e Cd, além de As, no solo da área do lixão. Para obtenção dos dados da gravimetria foram amostrados 41 bairros, com sorteio aleatório de 05 quadras por bairro e 03 imóveis aleatórios por quadra, com coleta do lixo em 02 campanhas de amostragens. O lixo coletado foi pesado e separado em plásticos rígidos, plásticos maleáveis, vidros, metais, papel, papelão, material orgânico e outros. A área do lixão de Cáceres foi dividida em 03 subáreas: natural, ativa e inativa. Foram coletadas amostras de solo dessas subáreas na profundidade de 0-0,20 m, 0,20-0,40 m, as quais foram submetidas à análises de rotina para avaliação da fertilidade do solo: pH em água, matéria orgânica (MO), fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, acidez potencial e textura e calculados a capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7,0) e efetiva (CTC_{efe}), saturação por bases (V %) e saturação por alumínio (m %); textura; e teores dos metais As, Cd, Pb, Hg, Cr e Ni. Os teores totais de metais pesados foram determinados por espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP – AES) após extração mediante o método SW 3050B. Dos RSU gerados em Cáceres, o papelão representa 4,93%, papel 4,34%, plástico rígido 8,23%, plástico maleável 4,93%, metais 2,41%, vidro 3,23%, matéria orgânica 60,45% e outros 11,48%. Verificou-se que ocorre um grande desperdício de resíduos potencialmente recicláveis. A estimativa de RSU gerado per capita em Cáceres é de 0,549 kg/hab./dia. O solo, Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, da área do lixão é ácido, com baixa CTC e baixa fertilidade. Os teores dos metais pesados avaliados estão abaixo dos limites de referência estabelecidos e, possivelmente os teores encontrados estejam relacionados ao intemperismo do material de origem. A natureza arenosa do solo dessa área faz com que os mesmos apresentem baixa capacidade de retenção dos metais catiônicos.

Palavras-chave: lixo, reaproveitamento, metais pesados, contaminação do solo.

¹ Orientadora- Prof^a. Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli, UNEMAT.

ABSTRACT

ALCÂNTARA, Arleme Janissara de Oliveira. **Gravimetric composition of urban solid wastes and soil chemistry characterization of disposal area of Cáceres city.** Cáceres: UNEMAT, 2010. 88p. (Dissertation – Master in Environment Science)².

The development of urbanization more of demand for the consumer goods was factors that have favors the progressive increase urban solid wastes (USW). About 59% of municipalities in Brazil destination their USW to inadequate sanitary landfill, deposal direct in soil that can cause damage the environmental quality, contamination of air, soil and groundwater and superficial water. Toxic metals like lead, mercury, cadmium, nickel, arsenic and chromium was present in USW and was conducted to landfill. The aim of this work was to determine the gravimetric composition of wastes produced in Cáceres city and verifying the content of heavy metals Cr, Pb, Hg, Ni e Cd, and As of sanitary landfill. For gravimetric data was sampling 41 districts in Cáceres city, proceeding by random sampling of 5 quarter per district and was choice 03 house per quarter. The wastes were collected in two sampling campaigns. The wastes were weighted and classified in: rigid plastic, soft plastic, glass, metals, paper, cardboard, organic material and others. The sanitary landfill area (16°02'14.6" S e 57°33'56.4" W) of Cáceres was divided in 03 sub areas: natural, active and no active area. The soil samples were collecting in these sub areas at 0-0,20 m 0,20-0,40 m of deep and were submitting the routine analyses for soil fertility analyses: pH water, organic matter, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, aluminum, (m%), potential acidity, texture and change cautions capacity and bases saturation (V%) and aluminum saturation. The heavy metals was determinate by spectrometric of optic emission with plasma inductivity clouped (ICP-AES) after extraction by SW 3050B methods. The urban solid wastes generate by cardboard represent 4.93%, paper 4.34%, rigid plastic 8.23%, soft plastic 4.93%, metals 2.41%, glass 3.23%, organic matter 60.45% and others 11.48%. Was verified that was lose of wastes with potential to recycle. The estimative of USW generate per capita in Cáceres was of 0.549 kg/ habitant/ day. The heavy metals rates were lower to reference limit established and possible the content was due to intemperism to origin material. The soils of tree sub areas, Red Yellow Dystrophic Argisol, were acid with low CEC and fertility. The sand nature of soil of sanitary landfill area made to soil present low capacity to metals cautions retention.

Keywords: trash, disposal area, heavy metals, soil contamination.

² Major professor-. Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli, UNEMAT.

INTRODUÇÃO GERAL

Na atualidade, uma das grandes preocupações ambientais está relacionada aos resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas. A geração de lixo, ou dos resíduos sólidos como esse termo é referido na literatura técnico-científica, tem proporcionado um dos agravantes ambientais mais importantes da nossa civilização. Esse problema tem aumentado nos últimos anos devido a diversos fatores, como o crescimento gradativo e desordenado da população, a aceleração do processo de ocupação do território urbano e do aumento dos bens de consumo descartáveis, popularizados pelo aumento da produção industrial. Esses fatores têm levado o homem a produzir grandes quantidades de resíduos sólidos, muitas vezes sem políticas efetivas que contemplem um gerenciamento adequado na sua destinação final (SISINNO, 1996).

Desde o surgimento dos primeiros centros urbanos, a produção de lixo se apresenta como um problema de difícil solução. Derivada do termo latim *lix*, a palavra lixo significa “cinza”. No dicionário, ela é definida como “sujeira, imundície, coisa ou coisas inúteis, velhas, sem valor”. Lixo na linguagem técnica é sinônimo de resíduos sólidos e é representado por materiais descartados pelas atividades humanas. Monteiro et al. (2001), no entanto, destacam que o conceito de lixo como coisa inservível deve ser relativizado, pois o que não tem valor para uns, para outro pode se tornar matéria prima para outro produto ou processo.

Conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos urbanos podem ser definidos como, resíduos no estado sólido e semi-sólido, que resultam da atividade da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, serviços e varrição. Ficam incluídos nestas definições 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 esgoto ou corpos de água, ou exijam para isto soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Com o advento da Revolução Industrial, começou-se a produzir materiais de consumo em ampla escala e a inserir novas embalagens no mercado elevando-se o volume e a diversidade de resíduos produzidos nas áreas urbanas. As pessoas passaram a coexistir na era dos descartáveis, em que grande parte dos produtos, desde guardanapos de papel e latas de refrigerantes até computadores, são inutilizados, desprezados e jogados fora com uma rapidez fenomenal (RODRIGUES e CAVINATTO, 1997).

Em vários países do terceiro mundo, no Brasil não foi diferente, o rápido processo de urbanização se deparou com as cidades sem preparo, e sem estrutura no que concerne aos serviços básicos tais como transportes, saúde, educação, saneamento básico e, principalmente, infra-estrutura para gestão dos resíduos (BECK, 2005), agravando a qualidade ambiental dos centros urbanos.

A quantidade de resíduos sólidos gerados por habitante/dia varia de local para local e até mesmo com a época do ano, mas em média assume-se que 0,7 kg/habitante/dia são gerados no Brasil (GRIMBERG, 2007). Em países desenvolvidos, essa média é maior, e a composição dos RSU também difere. Em geral, quanto maior a renda, maior é a quantidade gerada de resíduos sólidos urbanos (RSU), em qualquer situação (ESCOSTEGUY, 2003).

Em muitos municípios do Brasil é notória a ausência de planejamento urbano e preocupação em torno da sustentabilidade do ambiente, principalmente, no tocante ao solo e lençol freático (SISINNO, 1996). Contudo, deve-se considerar ainda o aspecto social negativo e de exclusão, uma vez que o lixo produzido nas cidades não tem uma destinação adequada, fato que agrega a presença constante de catadores de lixo no local de disposição do mesmo, expondo-se aos mais diversos riscos de contaminação por patógenos e outros potenciais contaminantes.

Mesmo com os inúmeros problemas ocorridos ao longo da história, em nenhum momento a questão dos resíduos foi tratada com a seriedade merecida, fato que, de certa forma, provocou um aumento gradativo dos problemas a eles associados. Atualmente, por apresentar uma ameaça real ao meio ambiente e, conseqüentemente, ao próprio homem, os resíduos vêm

sendo uma preocupação no mundo, especificamente no que diz respeito ao processamento, transporte e à disposição final, além das questões que envolvem a intensidade de geração e as possibilidades e limitações no seu reaproveitamento.

A disposição inadequada dos resíduos sólidos pode promover a contaminação do solo, do ar e das águas superficiais e subterrâneas, além da proliferação de vetores de doenças (OLIVEIRA, 1999). A contaminação do solo pode ocorrer por intermédio da infiltração dos líquidos percolados (chorume) gerados pela passagem da água através dos resíduos sólidos em processo de decomposição e até mesmo pela simples degradação ou decomposição dos resíduos.

Segundo Bidone e Povinelli (1999), os resíduos sólidos urbanos apresentam grande diversidade e se originam das mais variadas atividades humanas e ambientes urbanos. Compõe essa infinidade de materiais reunidos, classificada como sem utilidade e desprezada: restos de frutas, legumes e alimentos em geral, plásticos e metais diversos, vidros, papéis, embalagens em geral, matérias provenientes de vias públicas, praças, jardins, materiais cerâmicos, ossos, couro, trapos, terra, pedra, material séptico ou contaminado (provenientes de serviços de saúde), animais mortos, restos de carros, restos mobiliários, para citar os mais importantes.

A disposição dos resíduos sólidos no solo sem critérios técnicos que preservem o ambiente e evitem problemas sanitários, é uma prática comum no Brasil e em vários outros países do mundo, sendo esses locais denominados de “lixão”.

Define-se “lixão”, como uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos, na qual estes são simplesmente despejados sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública (CELERE et al, 2007). Essa maneira de dispor o lixo facilita a proliferação de vetores, geração de maus odores, poluição das águas superficiais e subterrâneas pelo lixiviado – mistura do chorume (líquido), gerado pela degradação da matéria orgânica, com a água da chuva – além de não possibilitar o controle dos resíduos que

são encaminhados para o local de disposição de resíduos sólidos (BECK, 2005).

Na última pesquisa realizada pelo IBGE (2002), cerca de 230 t/dia de resíduos sólidos urbanos foram coletados no Brasil em 2000. A maior parte desses resíduos foi disposta no solo, seja de forma adequada (aterros sanitários) ou inadequada (lixões).

Os dados do Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM (2009) identificam que 59% dos municípios brasileiros destinam seus resíduos sólidos urbanos em lixões. Este quadro se deve, em grande parte, às dificuldades enfrentadas pelos gestores municipais responsáveis por retirar e dar um destino final ambientalmente e sanitariamente adequado aos resíduos. Estas dificuldades devem-se a: 1) limitação financeira devida a orçamentos mal elaborados, fluxo de caixa desequilibrado, tarifas desatualizadas, arrecadação insuficiente e inexistência de linhas de crédito; 2) falta de capacitação técnica e profissional, em todos os níveis de formação; 3) descontinuidade política e administrativa (CEMPRE, 1999).

Em virtude desses fatores, a disposição de resíduos sólidos urbanos nos lixões é um dos métodos mais difundidos para a grande maioria dos municípios brasileiros, pois: 1) apresenta menor custo quando comparada com outros processos, exigindo poucos equipamentos e mão de obra não especializada; 2) grande parte dos municípios brasileiros é de pequeno porte e gera uma quantidade de RSU que, em princípio, não justifica grandes instalações (ALBERTE & CARNEIRO, 2005).

Considerando as questões ambientais, os lixões agravam a poluição do ar, do solo e das águas, além de provocar poluição visual (ALBERTE et al., 2005). Os danos ambientais decorrentes dessa disposição final dos RSU caracterizam-se tanto pela degradação ambiental e urbana, devido ao acelerado processo de assoreamento de rios, córregos, represas, advindos do lançamento de detritos, lixo ou entulho de obras de construção, poluindo os recursos hídricos em geral, até prejuízos ao saneamento ambiental, lesão ao ecossistema natural, social e econômico de uma comunidade urbana (GUERRA e CUNHA, 2001).

O acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos é de responsabilidade do gerador, mas a coleta, o transporte e a disposição final dos resíduos sólidos para áreas de tratamento são ações do serviço público, de grande importância e viabilidade para a população, pois impede a proliferação de agentes transmissores de doenças que vão em busca de alimentos nesses resíduos (CEMPRE, 1999).

Diante desse quadro a única forma de se dar destino final adequado aos resíduos sólidos é através de aterros, sejam eles sanitários ou controlados, com lixo triturado ou compactados. Todos os demais processos ditos como de destinação final (usinas de reciclagem, de compostagem e de incineração) são na realidade, processos de tratamento ou beneficiamento do lixo, e não prescindem de um aterro para a disposição de seus rejeitos (MONTEIRO et. al, 2001).

No município de Cáceres-MT há aproximadamente 10 anos a área destinada à disposição final dos RSU produzidos na cidade, conhecida como “lixão”, recebe todo lixo produzido, perfazendo atualmente cerca de 39 toneladas ao dia. No entanto, não há controle e gerenciamento efetivo voltados ao processo de destinação final adequada dos mesmos. Essa ausência de gerenciamento poderá resultar em progressiva degradação dos recursos naturais presentes no local, com efeitos diretos e indiretos na população, considerando que o mesmo se situa próximo ao Córrego Piraputangas frequentemente utilizado para o lazer da comunidade.

Este trabalho é composto de dois capítulos: o primeiro capítulo trata da caracterização dos RSU produzidos na cidade de Cáceres através da análise da sua composição gravimétrica, sendo importante e fundamental para proposição de ações de educação ambiental, numa perspectiva de reciclagem e reaproveitamento do “lixo”, principalmente quando se almeja uma gestão ambiental voltada à sustentabilidade; o segundo capítulo apresenta a caracterização de atributos químicos de fertilidade do solo e os teores de metais pesados (cádmio, chumbo, cromo, níquel, mercúrio e arsênio) no solo da área do lixão de Cáceres-MT.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.
- ALBERTE, E. P. V. ; CARNEIRO, A. P.; KAN, L. Recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Diálogos & Ciência**, Feira de Santana, ano III, n. 5, jun. 2005.
- BECK, M. H. **Investigação de área degradada pela disposição de resíduos sólidos urbanos no município de Passo Fundo**. 2005.139 f. Dissertação de Mestrado-Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.
- BIDONE, F. R. A; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999. 120 p.
- CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B.; MUÑOZ, S. I. S. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.23, n. 4, p. 939-947, abr. 2007.
- CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, 1999. 278 p.
- ESCOSTEGUY, P. A. V. **Gerenciamento de resíduos sólidos e seus impactos Ambientais**: uma visão do contexto atual. Passo Fundo: UPF, 2003.112 p.
- GRIMBERG, E. Política nacional de resíduos sólidos: o desafio continua. **Instituto Pólis**, São Paulo, out., 2007. Disponível em: <http://www.polis.org.br/artigo_interno.asp?codigo=181 >. Acesso em: 01 set. 2009.
- GUERRA, A; CUNHA, S. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 420 p.
- IBAM. O cenário dos resíduos sólidos no Brasil. **Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM)**. Disponível em: <http://www.ibam.org.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm>. Acesso em: 28 set 2009.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.
- MATTEI, G.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Composição gravimétrica de resíduos sólidos aterrados. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 247-251, 2007.
- MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J. C. X.; ALMEIDA, T. P. F., MANSUR, G. L. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

OLIVEIRA, S. Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos (RSD) da cidade de Botucatu/SP. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**. Rio de Janeiro, v.4, n.3, p.113-119, 1999.

RODRIGUES, L. F.; CAVINATTO, V. M. **Lixo: de onde vem? para onde vai?** São Paulo: Moderna, 1997.96 p.

SISINNO, C. L. S. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Caderno de. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.12, n.4, p. 515-523,1996.

Capítulo I

Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Cáceres-MT

RESUMO- O conhecimento dos materiais que compõem o lixo de uma cidade é uma importante ferramenta para a gestão dos mesmos. O objetivo desse estudo foi caracterizar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) produzidos pela população da cidade de Cáceres-MT, onde a deposição final é feita em um lixão a céu aberto. Para obtenção desses dados foram amostrados 41 bairros no município, procedendo-se o sorteio aleatório de 05 quadras por bairro e selecionados aleatoriamente 03 imóveis de cada quadra. Nesses foram coletados o lixo em duas campanhas de amostragens, os quais foram pesados e separados em plásticos rígidos, plásticos maleáveis, vidros, metais, papel, papelão, material orgânico e outros. A estimativa de RSU gerado per capita em Cáceres foi de 0,549 kg/hab./dia. Foi verificado que, dos resíduos gerados, o papelão representa 4,93%, papel 4,34%, plástico rígido 8,23%, plástico maleável 4,93%, metais 2,41%, vidro 3,23%, matéria orgânica 60,45% e outros 11,48%. Os percentuais de papel, papelão, plásticos rígidos e plásticos maleável somaram juntos 22,43%, representando uma produção anual de 3.212.705 kg com uma estimativa de geração de renda via reciclagem de aproximadamente R\$1.712.674,84, indicando a viabilidade econômica da implantação de um programa de reciclagem no município.

Palavras-chave: lixo, plástico rígido, papelão, matéria orgânica, reciclagem.

Gravimetric composition of urban solid wastes in Cáceres city, Mato

Grosso

ABSTRACT- The knowledge about material that composes of wastes in one city is an important tool for the wastes management. The aim of this study was made the gravimetric analyses in urban solid wastes produced by Cáceres city population, Mato Grosso State, where the end deposition was in inadequate sanitary landfill. For collect data was sampled 41 district in Cáceres municipalities, proceeding by random sampling of 05 quarter per district and was choice 03 house per quarter. Was collecting the wastes in two samples, the wastes were weighted and classified in: rigid plastic, soft plastic, glass, metals, paper, cardboard, organic material and others. The urban solid wastes generate by cardboard represent 4.93%, paper 4.34%, rigid plastic 8.23%, soft plastic 4.93%, metals 2.41%, glass 3.23%, organic material 60.45% and others 11.48%. The percentage of paper, cardboard, rigid and soft plastic give all 22.43%, represent one annual production of 3.212.705 kg with estimate of economic resource of material recycle of about R\$1.712.674,84, indicative of economic viability of implement of the wastes recycling program in city.

Keywords: trash, rigid plastic, cardboard, organic material, waste recycling.

INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações que acompanha a humanidade no decorrer dos anos é a crescente geração de resíduos sólidos pela população, os quais são destinados ao ambiente. Esses resíduos em contato com o ambiente de maneira inadequada podem trazer transtornos à sociedade e danos aos recursos naturais.

A atividade humana seja ela de qualquer natureza resulta sempre em geração de resíduos. O constante crescimento das populações urbanas, a grande industrialização, a melhoria no poder aquisitivo, vêm potencializando a acelerada geração de grandes volumes de resíduos sólidos, principalmente, nas proximidades das grandes cidades (RIBEIRO, 2007).

Apesar de haver legislação específica para cada município, o lixo comercial de até 50 kg ou litros e o domiciliar são de responsabilidade das prefeituras, enquanto os demais são de responsabilidade do próprio gerador (MUCELIN e BELLINI, 2008).

Resíduos sólidos urbanos (RSU) ou simplesmente lixo é todo material sólido ou semi-sólido indesejável ou que necessita ser removido por ter sido considerado inútil por quem o descarta em qualquer recipiente destinado a este ato (MONTEIRO et al., 2001). Quanto à natureza ou origem o lixo pode ser classificado da seguinte forma:

- 1) Lixo doméstico: são os resíduos gerados nas atividades diárias em casas, apartamentos, condomínios e demais edificações residenciais;
- 2) Lixo comercial: são os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais cuja características dependem das atividades ali desenvolvidas;
- 3) Lixo público: são os resíduos presentes nos logradouros públicos, em geral resultantes da natureza, tais como folhas, galhadas, poeira, terra e areia, e também aqueles descartados irregular e indevidamente pela população como entulho, bens considerados inservíveis, papeis, restos de embalagens e alimentos;
- 4) Lixo domiciliar especial: compreende os entulhos de obras, pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus;

5) Lixo de fontes especiais: são os resíduos que em função de suas características peculiares, passam a merecer cuidados especiais em seu manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte e disposição final. Neste estudo, o termo resíduos sólidos urbanos refere-se aos resíduos provenientes de domicílios e comércios, excluindo-se os resíduos de serviços de saúde (RSS) e resíduos industriais (RI).

Quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente os resíduos sólidos podem ser classificados, segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004) em:

Classe I - Resíduos Perigosos. São resíduos que não podem ser dispostos no solo sem a utilização de práticas protetoras para evitarem-se os riscos à saúde pública e ao meio ambiente. São exemplos desses resíduos: borras de tinta, lodo de galvanoplastia, resíduos de serviço de saúde, solventes, substâncias cloradas e contendo metais pesados e outros;

Classe II - resíduos não perigosos, que se subdividem em resíduos classe II A (não inertes) e resíduos classe II B (inertes) .

Conforme a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA nº 05/1993 (BRASIL, 1993), os resíduos sólidos podem ser classificados nos seguintes grupos:

Grupo A: Resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos. Compõem este grupo, principalmente os RSS.

Grupo B: Resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido às suas características químicas. Enquadram-se neste grupo, dentre outros, drogas quimioterápicas e produtos por elas contaminados, resíduos farmacêuticos (remédios vencidos, contaminados, interditados ou não utilizados); e demais produtos perigosos (como por exemplo: resíduos tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos).

Grupo C: Resíduos radioativos;

Grupo D: Resíduos comuns, que são todos os demais que não se enquadram nos grupos descritos anteriormente.

O enquadramento dos RS em classes ou categorias é importante para o seu gerenciamento, de forma a minimizar os danos ambientais ou à saúde pública devido à disposição inadequada dos mesmos. O problema da coleta e disposição do lixo é mundial, entretanto, a situação se agrava muito em países onde os serviços de coleta e disposição adequados desses resíduos não atingem toda a população, como é o caso do Brasil (NETO et al., 1999).

Na última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada no ano de 2000 pelo IBGE, foi registrado que somente 33% (1.814) dos 5.475 municípios daquele ano coletavam a totalidade dos resíduos domiciliares gerados nas residências urbanas de seus territórios (IBGE, 2002). No estado de Mato Grosso os domicílios particulares regularmente atendidos por serviços de coleta de lixo de forma direta ou indireta era de 75,56% (SEPLAN, 2008a). Na cidade de Cáceres-MT é oferecida a coleta domiciliar regularmente aos 41 bairros, considerados oficiais. Todavia, algumas ocupações irregulares ocorrem adjacentes aos bairros mais periféricos e a incorporação destas localidades novas aos serviços de saneamento básico é morosa e gradativa, segundo a Prefeitura Municipal de Cáceres³.

No Brasil, considerando a extensão territorial, que permite a existência de diferentes hábitos e costumes, e os contrastes sociais, sobretudo no que diz respeito ao poder aquisitivo, as taxas per capita de geração de lixo apresentam diferenças significativas (GOMES, 1989). Além disso, as características do lixo podem variar em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também diferenciam as comunidades entre si e as próprias cidades. Devido a isso, não é possível estabelecer um gerenciamento unificado para a coleta e disposição dos RSU.

São 241.614 toneladas de RSU produzidos (IBGE, 2000) diariamente em todo o Brasil. Entre esses, aproximadamente 130 mil toneladas são de resíduos sólidos domiciliares, que resulta em uma taxa de 0,7 kg/hab/dia (GRIMBERG, 2007). Contudo, para efeito de planejamento e gestão de resíduos sólidos urbanos, a taxa citada não pode ser utilizada como referência absoluta, pois os municípios e regiões brasileiras demonstram particularidades

³ Comunicação pessoal

que influenciam diretamente na composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos.

Monteiro et al. (2001) apontaram a variação da geração de RSU per capita de acordo com o tamanho da cidade e sua população. Dessa forma, para o tamanho de cidade pequena é considerada uma população urbana até 30 mil habitantes, com uma geração per capita de 0,5 kg/hab./dia; tamanho médio de 30 mil a 500 mil habitante com geração de lixo em torno de 0,5 à 0,8 kg/hab./dia; tamanho grande de 500 mil a 5 milhões de habitantes estimando-se uma geração de lixo de 0,8 à 1,0 kg/hab./dia; e por fim para uma megalópole, população acima de 5 milhões, uma geração per capita acima de 1,0 kg/hab./dia.

Segundo Monteiro et al. (2001), nos países desenvolvidos a geração de lixo/habitante/dia apresenta média maior que no Brasil, a qual gira em torno de 0,7 kg, e a composição dos RSU também difere. Em geral, quanto maior o produto interno bruto (PIB) de um país, maior é a quantidade gerada de resíduos sólidos e maior é a fração de materiais como o plástico, papel, alumínio, vidro etc, sendo, portanto, menor a fração dos materiais orgânicos (FRÉSCA, 2007). A Tabela 1 mostra a composição média dos RSU no Brasil.

Tabela 1 Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos gerados no Brasil

Material/Amostra	%
Matéria Orgânica	64,00
Papelão	5,00
Papel	8,50
Plástico rígido	2,00
Plástico maleável	2,70
Metais	1,50
Vidro	1,50
Outros	14,80
Total	100

Adaptado de Pereira Neto (2007)

Portanto, a participação da matéria orgânica tende a se reduzir nos países mais desenvolvidos ou industrializados, provavelmente em razão da grande incidência de alimentos semipreparados disponíveis no mercado

consumidor. Medeiros (1999) reportou que nos países da América Latina, os países mais pobres geram menor quantidade de resíduos recicláveis.

A composição média dos RSU do Brasil apresenta um maior teor de matéria orgânica do que de resíduos recicláveis, o que indica uma grande vocação para a compostagem. O processo da compostagem, assim como também a reciclagem, deve ser implantado em conjunto com outras ações de gerenciamento (ESCOSTEGUY, 2003).

Baptista e Braga (2002) relataram que existe uma diferença fundamental entre os termos “Lixo” e “Resíduo Sólido”; enquanto o primeiro não possui qualquer tipo de valor, sendo necessário o seu descarte, o segundo pode possuir valor econômico agregado, havendo possibilidade de se estimular o seu aproveitamento dentro de um processo produtivo apropriado. Essa visão do autor traduz a necessidade de incentivar a questão do reaproveitamento e reciclagem dos resíduos que chegam aos aterros e lixões, como importante ferramenta para a gestão ambiental dos centros urbanos.

A coleta seletiva é um das ferramentas primárias de fomento às políticas de reutilização dos RSU. No entanto, para que um município estabeleça um programa de coleta seletiva é necessário ter uma estimativa da composição gravimétrica do RSU gerado. Apenas a partir desse conhecimento é que se pode planejar uma estratégia adequada para o seu gerenciamento, incluindo quando for viável social e economicamente a criação de usinas de reciclagem e de compostagem.

Para Pereira Neto (1993), uma usina de reciclagem e compostagem do lixo só cumprirão seus objetivos quando estiver associada a um único sistema, buscando os seguintes objetivos básicos: a) conservação dos recursos naturais, definida pela recuperação dos materiais passíveis de serem utilizados nos processos industriais de reprocessamento, incluindo-se aí a reciclagem de nutrientes da fração orgânica pela compostagem para utilização agrícola; b) conservação de energia, pautada na recuperação de produtos de uso imediato (reutilizáveis) e de produtos que demandem pouca energia para seu reaproveitamento; e c) redução do volume do lixo, ou seja, recuperação do material reciclável volumoso, presente no lixo urbano através de

transformações de matéria prima reutilizável. Todavia, essas ações devem ser implantadas em conjunto com atividades de educação ambiental e sensibilização que visem à redução do consumo e, como consequência, a produção de lixo.

Mesmo sendo observada grande quantidade de resíduos orgânicos sendo desprezada no Brasil, a compostagem não tem sido promovida e fomentada de maneira mais contundente e abrangente. No Brasil, na grande maioria dos municípios, a parcela orgânica dos RSU representa mais de 50% de sua composição. No entanto, a compostagem, como método de tratamento dos resíduos orgânicos, não é empregada como poderia, pois somente 1,5% dos RSU no país são compostados (LAMANNA, 2008).

Denomina-se reciclagem a separação de materiais do lixo domiciliar, tais como papéis, plásticos, vidros e metais, com a finalidade de trazê-los de volta à indústria para serem beneficiados. Esses materiais são novamente transformados em produtos comercializáveis no mercado de consumo. (Monteiro et al., 2001). Esses autores ressaltaram ainda que as usinas de reciclagem e compostagem geram emprego e renda e podem reduzir a quantidade de resíduos que serão dispostos no solo em aterros sanitários. Frésca (2007) corroborou dizendo que entre os principais méritos da reciclagem estão: reduzir o volume de lixo de difícil degradação; contribuir para a economia de recursos naturais; prolongar a vida útil dos aterros sanitários; diminuir a poluição do solo, da água e do ar; evitar o desperdício, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Segundo Weinberg (2008), os cinco municípios brasileiros onde a prefeitura faz chegar o serviço de coleta seletiva a 100% das residências são: Curitiba (PR), Itabira (MG), Londrina (PR), Santo André (SP) e Santos (SP). Em Curitiba, por exemplo, a fórmula que deu certo inclui o uso de caminhões que recolhem apenas o lixo seco, sem nenhum resto orgânico. Com isso o lixo fica mais limpo e acaba vendido por um preço mais alto às indústrias de reciclagem. Isso ajuda a tornar o sistema de coleta seletiva em Curitiba mais barato e viável, que o da maioria das cidades brasileiras (WEINBERG, 2007).

Para Frésca (2007), a reciclagem no Brasil é fortemente sustentada pelos garimpeiros do lixo (catação informal). Os programas criados pelo poder público, muitas vezes em parceria com os catadores, também têm se difundido, apesar de incipientes.

A caracterização física (composição qualitativa ou gravimétrica) dos resíduos sólidos apresenta as porcentagens (geralmente em peso) das várias frações dos materiais constituintes dos RSU. Essas frações normalmente distribuem-se em matéria orgânica, papel, papelão, plástico rígido, plástico filme, metais ferrosos, metais não ferrosos, vidro, borracha, madeira e outros (couros, trapos, cerâmicas, ossos, madeiras etc (PEREIRA NETO, 2007). Portanto, conforme Monteiro et al. (2001) e Pereira Neto (2007), a composição gravimétrica dos resíduos sólidos ou composição física expressa o percentual de cada componente presente nesses resíduos em relação ao peso total da amostra estudada.

O conhecimento da composição gravimétrica dos RSUs é uma ferramenta essencial para a definição das providências a serem tomadas com os resíduos, desde sua coleta, até seu destino final, de uma forma sanitária correta, economicamente viável, considerando que cada localidade gera resíduos diversos e sempre tendo em vista a sustentabilidade ambiental, ou seja, é preciso uma gestão integral.

Nesse sentido, gerenciar os resíduos sólidos urbanos de forma integrada é um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, que uma administração municipal desenvolve, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar, aproveitar e dispor adequadamente os resíduos sólidos de uma cidade.

A educação ambiental deve sempre ser inserida em um plano de gerenciamento integrado, sendo de fundamental importância para se alcançar esse objetivo, pois os programas de coleta seletiva em que são implantadas campanhas educacionais são os que têm menores custos. Isto porque a comunidade tem recebido constantes informações dirigidas e criativas sobre o assunto, passando a cooperar com essas ações (CAMPOS, 2000).

Nessa perspectiva, o gerenciamento dos resíduos sólidos passa, indiscutivelmente, pela sensibilização da população em relação aos padrões de consumo, da importância da reutilização de diversos materiais e da prática da coleta seletiva. A educação ambiental deve estar presente e em consonância com as políticas públicas de redução e destinação do lixo.

Os municípios brasileiros têm avançado nas discussões e implantação de projetos que envolvem os RSU, todavia ainda é incipiente, pois em sua maioria ainda é comum a ausência de ações integradas que contemplem desde trabalhos de educação ambiental junto à população até a destinação adequada desses resíduos, que acabam sendo disposto em lixões.

Dessa forma, como a gestão de resíduos é uma atividade essencial para qualquer município, o objetivo desse estudo foi fazer a caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Cáceres-MT.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo- Este estudo foi realizado na cidade de Cáceres, situada na região sudoeste do estado de Mato Grosso (Figura 1). O município apresenta extensão territorial de 24.965,94 Km² e uma população de 84.175 habitantes (IBGE, 2007), com uma taxa de urbanização em torno de 84,91%.

A região caracteriza-se por apresentar precipitação anual média de 1.599 mm e temperatura média anual de 24° C, sendo a máxima de 42°C e a mínima 11°C (FERREIRA, 1997). O clima da região é considerado como tropical de savana (AW) de acordo com a classificação de Köppen (VIANELLO e ALVES, 2000). A atividade agropecuária é bastante representativa no município, onde se encontra o maior rebanho bovino do estado de Mato Grosso, com aproximadamente um milhão de animais (SEPLAN, 2008b).

O comércio formal e informal, empresas públicas e privadas na área de prestação de serviços é bastante representativo na geração de renda no município. Conforme, o Censo Econômico dos Municípios de MT (SEPLAN, 2008a), as empresas do setor terciário (comércio e serviços) representam 97% das empresas levantadas em Cáceres, no entanto o setor secundário (indústrias) representa 3,0%. A iniciativa privada representou 94,5%; enquanto

a empresa publica 4,5%. Esse mesmo estudo apontou, ainda que, dentre as 1.931 empresas catalogadas em Cáceres, 1.447 (74,9%) são formais e 484 (25,1%) são informais.

O produto interno bruto (PIB) municipal é R\$ 596.654,00 (IBGE, 2005), enquanto para o estado de Mato Grosso e o país este valor é R\$ 37,466 bilhões (IBGE, 2005) e R\$ 1,938 trilhão, respectivamente. Quanto ao PIB per capita, Cáceres registra um valor em torno de R\$ 6.700,00 (IBGE, 2005), enquanto o Estado de Mato Grosso possui um PIB per capita de R\$ 11.658,00 (IBGE, 2005) e o Brasil de R\$ 13.365,00.

Segundo dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento –PNUD (2005), o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Cáceres esta fixado em 0,737, um pouco abaixo da média do estado de Mato Grosso (0,796). Todavia, ambos estão englobados na mesma categoria, classificados como de médio desenvolvimento humano (0,699 à 0,799).

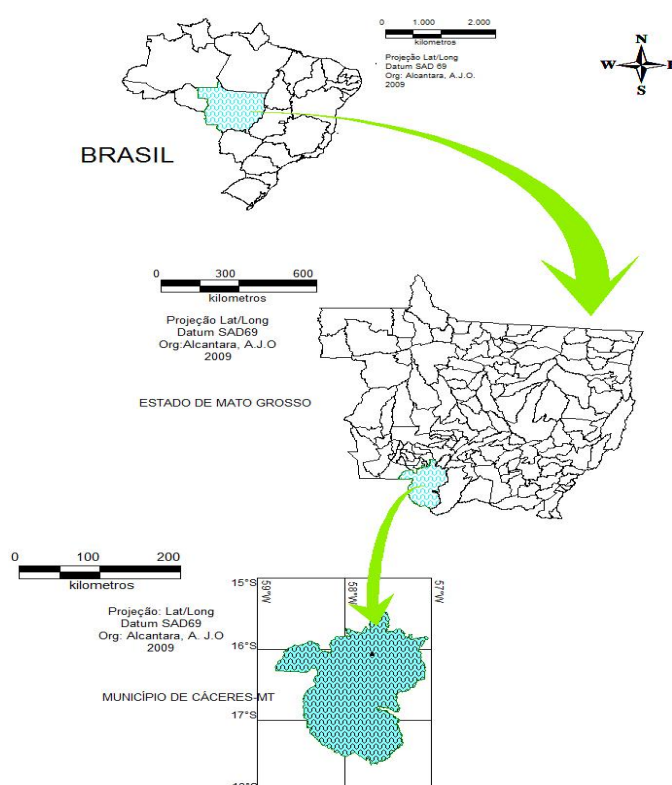


Figura 1 Localização do município de Cáceres-MT

Procedimento amostral- A coleta pública dos RSU do município de Cáceres é terceirizada desde o ano de 2002. A empresa atual que presta serviço está operando desde o ano de 2005, disponibilizando a varrição e coleta pública de RSU e dos RSS.

Para a determinação da composição gravimétrica do RSU, foi analisada a programação da coleta do lixo realizada pela empresa Sanetran, que presta serviços a Prefeitura de Cáceres, e de acordo com essa programação foi planejado o presente procedimento amostral. A frequência de atendimento de coleta aos bairros, de acordo com a empresa, é de três vezes por semana, exceto o centro comercial da cidade onde são realizadas quatro vezes, estendendo a coleta aos domingos. Foram solicitadas à empresa coletora do RSU de Cáceres informações quanto ao dia e horário de coleta em cada bairro para que a equipe de trabalho pudesse coletar as amostras antes da passagem da coleta pública.

A metodologia de trabalho da coleta pública é organizada por setor, conforme o quadro abaixo.

Quadro 01 Plano de coleta do lixo de Cáceres-MT com indicação dos setores, bairros, frequência e turno.

SETORES	BAIRROS	COLETA	
		Dias da Semana	Turno
SETOR 01	Centro, Monte Verde, São Miguel e Cohab Velha	Segunda, Quarta e Sexta –feira	Noite
SETOR 02	Cavallhada II	Segunda, Quarta e Sexta- feira	Manhã
SETOR 03	Santa Cruz, Maracananzinho e Marajoara	Segunda, Quarta e Sexta- feira	Manhã
SETOR 04	Distrito Industrial, São Lourenço, Garcês, Vila Real, Junco, Rodeio,Jardim Paraíso	Terça, Quinta e Sábado	Manhã
SETOR 05	Cavallhada I, Cavallhada III e Santa Rosa	Segunda, Quarta e Sexta –feira	Manhã
SETOR 06	Jardim do Trevo, Jardim Guanabara, Jardim Cidade Nova; Jardim União, Vitória Régia, Santo Antonio e Nova Era.	Terça, Quinta e Sábado	Manhã
SETOR 07	Cidade Alta; Santa Isabel; Vila Mariana; São José; Jardim Celeste; DNER, Lavapés, São Jorge, Lobo e Aeroporto	Segunda, Quarta e Sexta –feira	Manhã

SETOR 08	Jardim Padre Paulo, Vila Nova, Vila Irene, Cohab Nova, Betel e Massa Barro	Terça, Quinta e Sábado	Manhã
SETOR 09	Centro (porção comercial)	Domingo	Manhã
SETOR 10	Distrito do Caramujo	Domingo	Manhã

Fonte⁴: Adaptado de Sanetran.

Para a realização do presente estudo todos os bairros do município que recebem a coleta pública foram amostrados, de modo que neste trabalho, cada bairro foi contemplado através de uma amostra semanal, em duas semanas de coleta de RSU. Sortearam-se cinco quadras aleatoriamente de cada bairro, utilizando-se a numeração das quadras existentes nos quadros demonstrativos e croquis utilizados pela Vigilância Ambiental do município e, considerando as respectivas quadras sorteadas, efetuou-se a coleta aleatória do lixo de três imóveis de cada quadra, sendo o programa Microsoft Office Excel utilizado para o sorteio aleatório das quadras.

Os dias da semana estabelecidos para coleta seguiram as orientações de Monteiro et al. (2001): as coletas jamais devem ser realizadas no domingo ou segunda-feira e, preferencialmente, deve-se realizá-las de terça a sexta-feira e, também, em períodos que não seja de férias escolares, ou marcados por festividades, uma vez que nesses períodos, a produção de lixo pode ser alterada, mascarando a realidade. Pereira Neto (2007) apontou que se deva completar uma amostra representativa, coletados em área previamente estabelecida e organizada de modo que possa atingir todos os extratos sociais.

A caracterização dos resíduos sólidos urbanos de Cáceres-MT contemplou os 41 bairros que são atendidos pelo serviço de coleta pública, com duas amostragens. A primeira foi realizada entre os dias 22 e 25 /09/2009 e a segunda de 06 a 09/10/2009. Portanto, a programação (apêndice A) para a realização da coleta de lixo nos bairros se deu no período de duas semanas, resultando em duas amostras compostas.

O lixo foi coletado por três pessoas, servidores da Vigilância Ambiental do município, que conhecem geograficamente os bairros, bem como a localização das quadras. Tomou-se o cuidado de os mesmos estarem

⁴ Comunicado pessoal

devidamente paramentados com Equipamento de Proteção Individual. As coletas diárias foram armazenadas em um galpão coberto, cedido pela Secretaria Municipal de Agricultura (Figura 2). No final da primeira e da segunda semana foi efetuada a fase de triagem e pesagem dos RSUs coletados. Para essas atividades foram utilizados latões de 100 litros, balança de 300 kg, sacos plásticos, pá e rastelo.



Figura 2 Armazenamento do lixo coletado para análise da composição gravimétrica dos RSUs.

Após desensacolar o lixo (Figura 3) procedeu-se a separação de todo material (Figura 4) de acordo com os componentes escolhidos para realizar a determinação da gravimetria neste trabalho e conforme preconizado em Monteiro et al., (2001): papel, papelão, plástico rígido, plástico maleável, vidro, metais ferrosos/não ferrosos, matéria orgânica e outros. Foram classificados como outros quaisquer materiais encontrados que não se enquadraram na listagem de componentes pré-selecionados tais como: tecidos, madeiras, gessos, cerâmicas, borrachas, isopor, couro, etc. Nessa pesquisa, optou-se por não utilizar o método de quarteamento, o qual visa redução da amostra para pesagem e obtenção do peso específico.

Foi realizada a triagem e pesagem de todo o lixo coletado nas 02 amostragens. Dos elementos de caracterização física dos RSU descritos em Monteiro et al., (2001) e Pereira Neto (2007): composição gravimétrica, peso específico, teor de umidade, compressividade e geração per capita, o presente estudo, em conformidade com os objetivos, realizou apenas a composição gravimétrica e geração *per capita*.



Figura 3 Lixo sendo desensacolado para triagem.



Figura 4 Separação do lixo por componentes.

Cada componente foi pesado separadamente (Figura 5). Dividiu-se o peso de cada componente pelo peso total do lixo, obtendo-se a gravimetria em porcentual.



Figura 5 Pesagem do lixo.

De início, para calcular a geração de RSU per capita, foi preciso encontrar a estimativa de pessoas atendidas na amostragem, que em síntese resultou da multiplicação do número de bairros pelo número de quadras sorteadas, que por sua vez multiplicadas pelo número de imóveis amostrados por quadra e pela média de habitantes por domicílio. Prosseguindo nos cálculos, a média do peso total da amostra de lixo em kg, foi dividida pela média do número de dias de coleta, obtendo a média diária de geração de lixo da cidade. Finalmente, para calcular a estimativa da geração per capita (GPC, em kg/pessoa/dia) utilizou-se a média diária de geração de lixo da cidade dividida pela média de pessoas atendidas ao dia na coleta de amostras, conforme ilustrada nas equações matemáticas a seguir:

$$Pop. amostral = n^{\circ} \text{ bairros} \times (n^{\circ} \text{ de quadr.} \times n^{\circ} \text{ de imóv. coletados}) \times \text{média de habit.}$$

$$\text{Média diária geração lixo Cáceres} = \frac{\text{média peso total da amostra de lixo em kg}}{\text{média do n}^{\circ} \text{ de dias de coleta}}$$

$$GPC = \frac{\text{Média diária geração lixo Cáceres}}{\text{população amostral}}$$

Nesse estudo, considerou-se quatro (4) o número de habitantes por imóvel. Esse valor baseia-se no número médio de residentes por domicílio em Mato Grosso segundo o IBGE (2007).

Foi feita uma estimativa do potencial econômico do aproveitamento de alguns resíduos, utilizando sites de referência para cotação de recicláveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são mostrados os dados da composição gravimétrica da cidade de Cáceres:

Tabela 2 Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Cáceres-MT.

Material/Amostra	22 a 25/09/2009		06 a 09/10/2009		Média	
	Peso (kg ¹)	%	Peso (kg ¹)	%	kg ¹	%
Matéria Orgânica	707,60	58,08	926,50	62,39	817,05	60,45
Papelão	52,50	4,31	80,60	5,43	66,55	4,93
Papel	54,40	4,47	63,20	4,25	58,80	4,34
Plástico rígido	116,7	9,57	105,70	7,11	111,20	8,23
Plástico maleável	70,70	5,81	62,70	4,22	66,70	4,93
Metais ferrosos e não ferrosos	29,60	2,42	35,60	2,39	32,60	2,41
Vidro	52,70	4,32	34,70	2,34	43,70	3,23
Outros	134,20	11,02	176,20	11,87	155,20	11,48
Total	1218,40	100,00	1485,20	100,00	1351,80	100,00

n= 1230 ; ¹Peso in natura.

Avaliando os dados da pesagem dos resíduos verificou-se 1.351,80 kg de RSU, produzidos por uma população amostral de 2.460 habitantes, representando uma geração *per capita* de 0,5 kg/dia, compatível com a média estabelecida por Monteiro et al (2001) para municípios com população urbana entre 30 a 500 mil, a qual é de 0,5 a 0,8 kg/hab./dia.

Desta forma, considerando-se a população total da cidade, estima-se que 39.238 kg de RSU são destinados diariamente ao lixão de Cáceres-MT, perfazendo 274.666 kg/semana e 14.321.870 kg ao ano. A empresa Sanetran⁵ que realiza a coleta pública informou uma estimativa de aproximadamente 35.000 kg/dia . Todavia, a empresa desconhece a existência de um estudo realizado para essa quantificação.

⁵ Comunicação pessoal

O desperdício de alimentos tem-se mostrado uma prática no Brasil, com taxa em torno de 64% para matéria orgânica disposta em aterros ou lixões (PEREIRA NETO, 2007). Em Cáceres, observou-se uma quantidade significativa de matéria orgânica (Tabela 2) nas amostras coletadas, configurando um percentual de 60,45%, caracterizada principalmente por restos de alimentos, ficando o município bem próximo à média brasileira.

Um fator importante verificado na determinação gravimétrica do presente estudo foi a quantidade de manga (*Mangifera indica*) (Figura 6) que compõe os lixos domiciliares coletados, sendo este componente representativo na composição da matéria orgânica resultante dessa pesquisa. A maior quantidade de manga foi observada na segunda, em detrimento da primeira, campanha de amostragem realizada na ultima semana de setembro, fato que pode ser explicado pela época de maturação da fruta na região.



Figuras 6 Matéria orgânica disposta para triagem, coletada dos RSUs do município de Cáceres-MT.

O reaproveitamento da matéria orgânica é praticado em alguns municípios através da compostagem, que a transforma em adubo orgânico. Segundo Lamanna (2008) existem em torno de 120 usinas de compostagem no

Brasil, mas infelizmente a maioria delas está desativada por falta de incentivo, além da falta de preparo técnico no setor. À exemplo desse cenário, Cáceres já possuiu uma usina de compostagem, todavia foi desativada em 1998, por falta de gerenciamento e apoio do gestor público.

A compostagem no Brasil vem sendo tratada apenas sob a perspectiva de eliminar o lixo doméstico e não como um processo industrial que gera produto, necessitando de cuidados ambientais, ocupacionais, marketing, qualidade do produto etc (NETO et al., 1999). No Brasil, a parcela orgânica dos RSU representa mais de 50% de sua composição, na grande maioria dos municípios. No entanto, a compostagem, como método de tratamento dos resíduos orgânicos, não é empregada como poderia, sendo compostados somente 1,5% dos RSU no país (LAMANNA, 2008).

Observou-se no município de Cáceres um porcentual elevado para os plásticos, tanto maleável ou filme (4,93%) quanto rígidos (8,23 %), quando comparados a média brasileira (7%) e de outros municípios citados por Pereira Neto (2007), conforme Tabela 3, que ilustra também os dados de Cáceres, obtidos no presente estudo.

Tabela 3 Composição gravimétrica (%) dos resíduos sólidos urbanos de alguns municípios do Brasil e do município de Cáceres.

Material/ Amostra	São Tiago (MG)	Montanha (ES)	Sairé (PE)	Nossa Senhora Socorro (MG)	General Carneiro (PR)	Belo Horizonte (MG)	Cáceres (MT)
Matéria Orgânica	56,04	63,77	63,45	63,84	56,02	64,04	60,45
Papelão e papel	14,21	10,90	10,28	12,64	10,84	12,50	9,27
Plástico rígido	4,82	3,59	2,72	2,51	3,79	2,50	8,23
Plástico maleável	1,47	1,86	1,26	1,50	4,73	2,80	4,93
Metais diversos	2,73	2,85	2,22	3,05	6,09	2,70	2,41
Vidro	2,60	1,44	1,52	0,72	2,33	1,20	3,23
Outros	18,13	15,59	18,55	15,74	16,20	16,96	11,48
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: Dados dos municípios, exceto Cáceres, são adaptados de Pereira Neto (2007).



Figura 7 Plásticos rígidos e plásticos maleáveis presentes no resíduo sólido urbano do município de Cáceres-MT.

O plástico maleável é um componente representado principalmente pelas sacolas plásticas, conhecidas como de “sacolas de supermercados”. Segundo Pinto (2000), os plásticos em aterros dificultam a compactação dos resíduos e prejudicam a decomposição dos materiais putrescíveis, pois criam camadas impermeáveis que afetam as trocas de líquido e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica.

A quantidade de plástico rígido e de metais só não foi maior devido à existência de inúmeros catadores informais, que fazem da venda desses materiais, principalmente Pets e latas de cerveja ou refrigerante sua fonte de renda. Além de catarem o lixo nas vias públicas, muitos deslocam-se até o lixão em busca desses materiais (Figura 8), expondo-se aos mais diversos riscos, retratando, ainda, um grande problema social. No município de Cáceres existem três grandes locais de compras desses materiais recicláveis, chamados aqui de “cooperativas”. Segundo os proprietários dessas cooperativas, trata-se de um comércio que não tem incentivo público neste município, verificando-se a carência de políticas públicas que incentivem e dê suporte a essa importante atividade geradora de renda, que reflete diretamente na sustentabilidade ambiental.



Figura 8 Presença de catadores na área do Lixão de Cáceres-MT.

O papelão (Figura 9) e o papel representaram 9,27% dos resíduos produzidos. No entanto, neste município, esses materiais são em sua totalidade desprezados no lixão, pois ao contrário de metais e plásticos, não há interesse na catação, devido à ausência de comércio que se interessa pela compra e reciclagem desses materiais.



Figura 9 Papelão sendo separado e pesado no galpão de triagem.

O vidro representou 3,23% do lixo gerado em Cáceres, sendo grande parte descartada no lixão, pois observou-se apenas alguns catadores desses componentes. Este material não é biodegradável, podendo levar até mil anos para se decompor e segundo CEMPRES (1999), o Brasil produz

aproximadamente 800.000 toneladas de embalagens de vidro anualmente, mas apenas 27,6%, de embalagens de vidro são recicladas. A reciclagem do vidro economiza 640 kw/h em energia elétrica para cada tonelada reciclada (MATTEI e ESCOSTEGUY, 2007).

O porcentual médio dos RSU identificados como “outros” (11,48 %), que incluiu borracha, couro, tecido, cerâmicas, ossos, isopor, fraldas, madeira, etc, ficou próximo aos valores médios do Brasil relatados por Pereira Neto (2007). Neste componente, a porcentagem depende muito do que é considerado como outros (OLIVEIRA, 1999), neste caso foram considerados os rejeitos, ou seja, o que em geral são materiais que não pode ser reaproveitados e nem reciclados.

Cerca de 21% de resíduos recicláveis são desprezados no Brasil, número que destaca o potencial de resíduos que poderiam ser reaproveitados (PEREIRA NETO, 2007). Com a análise da composição gravimétrica foi possível verificar que dos resíduos gerados, 28,07% representam a porção do RSU que pode ser reciclada, que são os plásticos, papel, papelão, vidro e metal.

A Tabela 4 observa-se a quantidade de lixos recicláveis que são descartados anualmente e o que isso representa em termos econômicos. Com relação ao papelão, por exemplo, pode-se estimar que por ano sejam descartadas em torno de 706.000 kg. Conforme cotação feita em sites especializados em preços de recicláveis, esse quantitativo representa cerca de R\$ 127.092,27/ano. Estima-se ainda que seja desprezado cerca de 1.179.000 kg de plástico rígido, 621.569 kg de papel e 706.068 kg de plástico maleável representado, respectivamente, R\$ 1.296.558,89, R\$ 87.019,68 e R\$ 212.004,00.

Tabela 4 Estimativa de alguns materiais descartados anualmente em Cáceres e seu potencial econômico.

Material	Estimativa de Produção anual (kg)	Potencial econômico (R\$)¹
Papelão	706.068	127.092,24
Papel	621.569	87.019,68
Plástico rígido	1.178.690	1.296.558,89
Plástico maleável	706.068	212.004,00

¹Estimativa econômica baseada no site www.setorreciclavel.com.br

Diante dos dados obtidos, observa-se a viabilidade de um programa de reciclagem, que dentre outros, favoreça e facilite a interceptação desses materiais, antes que chegue ao local de disposição final. Segundo Monteiro et al. (2001), entre as alternativas de tratamento ou redução dos resíduos sólidos urbanos, a reciclagem é aquela que desperta o maior interesse na população, principalmente, por seu forte apelo ambiental e geração de recursos a famílias de baixa renda.

O problema ambiental gerado pelo lixo é de difícil solução, principalmente porque a maior parte das cidades brasileiras apresenta um serviço de coleta que não prevê a segregação dos resíduos na fonte (IBGE, 2006). Nessas cidades é comum observarmos hábitos de disposição final inadequados de lixo, onde os materiais sem utilidade se amontoam indiscriminada e desordenadamente, muitas vezes em locais indevidos como lotes baldios, margens de estradas, fundos de vale e margens de lagos e rios (MUCCELLIN e BELLINI, 2008). Ressalta-se que no presente estudo não foram quantificados os resíduos dispostos em terrenos baldios, o que, se realizado, elevaria todas as estimativas realizadas nesse trabalho.

CONCLUSÕES

Através do estudo da caracterização dos resíduos sólidos urbano de Cáceres-MT, foi possível identificar uma geração per capita de 0,549 kg/dia

Os dados obtidos permitem concluir que dos resíduos produzidos, o papelão representou 4,93%, papel 4,34%, plástico rígido 8,23%, plástico maleável 4,93%, metais 2,41% e vidro 3,23. Esses componentes somam 28,07% e representaram a porção do RSU que pode ser reciclada. A matéria orgânica, que também é passível de reaproveitamento através da compostagem, representou 60,45 % da geração de resíduos enquanto 11,48% representaram os rejeitos de outra natureza.

Diante do quantitativo de lixo orgânico e outros resíduos desprezados em Cáceres-MT e, vislumbrando a redução do desperdício, reaproveitamento e reciclagem, verifica-se a viabilidade da implantação de usinas de compostagem

e reciclagem neste município, como uma alternativa que possa contribuir para uma melhor qualidade ambiental e geração de renda no município.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.

BAPTISTA, F. R. M.; **Caracterização física do lixo urbano de Vitória - E.S – em função da classe social geradora**. 2001. 102 f (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.

BAPTISTA, F. R. M.; BRAGA, F. S. Avaliação do potencial de recuperação do material reciclável efetivamente comercializável no lixo urbano de Vitória – ES. SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Vitória. **Resumos...** Vitória: ABES, 2002.

BARBOSA, R. M.; OTERO, O. M. F.; ARGÔLO, J. L.; QUEIROZ, A. F. S.; SANTOS, V. C. S.; OLIVEIRA, O. M. C. O chorume dos depósitos de lixo: composição, evolução, diluição, extensão, processos, poluição e atenuação. **Tecbahia**, Salvador, ano 14, n. 1, p. 212-224, 1999.

BECK, M. H. **Investigação de área degradada pela disposição de resíduos sólidos urbanos no município de Passo Fundo**. 2005. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

BRASIL. Resolução Nº 05 de agosto de 1993. Define os procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos provenientes de serviços de saúde, portos e aeroportos. **Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA**. Brasília, DF, 1993

CAMPOS, H. K. T. **Curso: Modelo de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos. A Geração de resíduos no Brasil e os problemas associados**. Brasília: DF, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. 183 p.

CEMPRE–COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT, 1999. 278 p.

ESCOSTEGUY, P. A. V. **Gerenciamento de resíduos sólidos e seus impactos Ambientais: uma visão do contexto atual**. Passo Fundo: UPF Editora, 2003. 112 p.

FERREIRA, J. C. V. **Mato Grosso e seus Municípios**. Cuiabá: Secretaria de Estado de Cultura, 1997. 68 p.

FRÉSCA, F. R. C.. **Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física**. 2007. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2007.

GALVÃO, JR. **Aspectos operacionais relacionados com usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares no Brasil.** 1994. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Carlos, São Paulo, 1994.

GOMES, L. P. **Estudo da caracterização física e da biodegradabilidade dos resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário.** 1989. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). -Universidade de São Carlos, São Paulo, 1989.

GRIMBERG, E. Política nacional de resíduos sólidos: o desafio continua. **Instituto Pólis**, São Paulo, out., 2007. Disponível em: <http://www.polis.org.br/artigo_interno.asp?codigo=181 >. Acesso em: 01 set. 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos municípios 2002-2005.** Brasília, 2005.

IBGE.- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem da População.** 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem.pdf>>. Acesso em 06 out. 2009.

LAMANNA, S.R. **Compostagem caseira como instrumento de educação ambiental e de minimização de resíduos sólidos.** 2008.192 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MATTEI, G.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Composição gravimétrica de resíduos sólidos aterrados. **Revista de Engenharia. Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.12, n. 3, p. 247-251, 2007.

MEDEIROS, C. P. S. Hipóteses sobre os impactos ambientais dos estilos de desenvolvimento na América Latina a partir dos anos 50. **Série Meio Ambiente em Debate**, Brasília, v. 29, p.15-19, 1999.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ambiente urbano. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, p 111-124, 2008.

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J. C. X.; ALMEIDA, T. P. F., MANSUR, G. L. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

NETO, J. P. F.; LIMA, J. D.; QUEIRÓZ, M. A. ; NÓBREGA, C. C. . Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa-PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL; 20, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.1-10.

OLIVEIRA, S. Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos (RSD) da cidade de Botucatu/SP. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**. Rio de Janeiro, v.4, n.3, p.113-119, 1999.

PEREIRA NETO J. T.; CASTILHOS JÚNIOR, A. B.; OLIVEIRAS, M. L. Resíduos sólidos domiciliares: um paradoxo da sociedade moderna. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL; 17, 1993, Natal. **Anais...** Natal: ABES, 1993. p.311-319.

PEREIRA NETO, J. T.; **Gerenciamento do lixo urbano: aspectos técnicos e operacionais**. Viçosa: UFV, 2007. 129 p.

PINTO, A. G. Reciclagem de plástico. In: **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), 2000. p.143-155.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento –PNUD. **PNUD Brasil**, Brasília, 2005. Disponível em:< <http://www.pnud.org.br/>>. Acesso em 10/10/2009

PREÇO DO MATERIAL RECICLÁVEL. Disponível em:<<http://www.setorreciclagem.com.br/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=27>>. Acesso em 22 out. 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CÁCERES. Entrevista na Secretaria de Obras em 20/08/2009.

RIBEIRO. L. M. M., Avaliação quantitativa da segregação de resíduos sólidos recicláveis no município de Canoas – RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL; 24, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABES, 2007. p.11-17.

SANETTRAN- Empresa de Coleta de lixo. Entrevista em 24/08/2010

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO-SEPLAN. **Censo econômico dos municípios de Mato Grosso**. Governo do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, 2008a.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO -SEPLAN. **Mato Grosso em números**. Governo de Estado de Mato Grosso. Cuiabá, 2008b.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000. 449 p.

WEIMBERG, M. O Brasil ainda recicla pouco. **Revista Veja**. São Paulo, p.19, 05 set. 2007.

Capítulo II

Teores de As, Cd, Pb, Hg, Cr e Ni e fertilidade do solo da área do lixão de Cáceres-MT

Resumo- A disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos (RSU) pode comprometer o solo e águas subterrâneas, pois podem conter diversas substâncias contaminantes, dentre elas os metais pesados. Esse estudo objetivou verificar alguns atributos químicos e teores de alguns metais potencialmente poluidores do solo da área do lixão de Cáceres-MT. Para isso, essa área foi dividida em três subáreas: natural, ativa e inativa. Em cada área foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-0,20 m 0,20-0,40 m, as quais foram submetidas à análises de rotina para avaliação da fertilidade do solo: pH em água, matéria orgânica (MO), fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, acidez potencial e textura e calculados a capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7,0) e efetiva (CTC_{efe}), saturação por bases (V %) e saturação por alumínio (M %); textura; e teores dos metais As, Cd, Pb, Hg, Cr e Ni. Os teores totais de metais pesados foram determinados por espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente após extração mediante o método SW 3050B. Na área natural foi aberta uma trincheira para descrição morfológica do solo da área, o qual foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. Não houve diferença significativa entre os valores médios de pH, entre as áreas, ficando os mesmos entre 5,3 e 5,7. O teor de Cr correlacionou-se positivamente com o pH. Maiores teores de matéria orgânica e CTC_{efe} foram verificados na área natural. A acidez potencial apresentou maiores valores na área inativa. Os teores de Ni foram maiores na profundidade 0,40 m da área natural. Os teores de metais pesados analisados no solo do lixão de Cáceres estão abaixo dos limites de referência estabelecidos e, possivelmente, esses baixos teores estejam relacionados ao intemperismo do material de origem. Os baixos teores de argila encontrados na área do lixão não a torna adequada para a disposição de RSU.

Palavras- chave: Resíduos sólidos urbanos, disposição final, contaminação do solo, metais pesados.

Total contents of As, Cd, Pb, Hg, Cr and Ni and soil fertility in sanitary landfill soil Cáceres city, Mato Grosso State

Abstract - The inadequate disposal of urban solid wastes (USW) can damage soil and groundwater because it contains substance contaminants, including heavy metals. The aim of this study was to verify chemical attributes and the content of same metals potential toxics of soil in area of sanitary landfill of Cáceres city, Mato Grosso state, Brazil. For this the area was divided in 03 sub areas: natural, active and no active. Was collected soil samples in these sub areas in 0-0.20 m 0,20-0.40 m deep for the routine analyses of soil fertility analyses: pH water, organic matter, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, aluminum, (m%), potential acidity, texture and cation exchange

capacity (CEC) and bases saturation (V%) and aluminum saturation. The heavy metals trace was determinate by spectrometric of optic emission with plasma inductivity after extraction by SW 3050B methods. In natural area was open one trench for soil morphology description which was classified as Red Yellow Dystrophic Argisol. The results didn't showed statistic difference between average values of pH of areas, 5.31 at 5.72. The Cr content have correlation with pH. The organic matter and CEC gave higher values rate verified in natural area. The potential acidity presented higher values in no active area. The Ni content was higher in 0.40 m deep in natural area. The heavy metal content are below the limits baseline established and, possibly, these low contents are related to weathering of the source material. The low clay found in the area of the landfill does not make it suitable for disposal of USW.

Keywords: urban solid wastes, disposal area, soil contamination, heavy metals.

INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas enfrentados pelas cidades é o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos, principalmente, no que tange à sua destinação. Condições inadequadas de descarte desses resíduos podem provocar inúmeros danos ao ambiente. A questão da disposição final do lixo urbano, apesar de ser um dos principais pontos relacionados com o saneamento básico das cidades, na maioria das vezes ainda permanece sem solução.

Os resíduos sólidos são considerados a expressão mais visível e concreta dos riscos ambientais, ocupando um papel importante na estrutura de saneamento das comunidades urbanas e, conseqüentemente, nos aspectos relacionados à saúde pública. Além das conseqüências para a saúde coletiva, deve-se considerar ainda o impacto que a disposição inadequada desses resíduos provoca no solo, na atmosfera, na vegetação e nos recursos hídricos (MUNÕZ, 2002).

Os sistemas designados a promover a coleta, o transporte e a destinação final do lixo urbano encontram-se vinculados às administrações municipais e, nesse sentido, um dos grandes desafios enfrentados pelas prefeituras é local para dispor estes resíduos com segurança, uma vez que as áreas disponíveis para isso tornam-se cada vez mais escassas, por vezes mais distantes dos centros de geração do lixo, elevando o custo da disposição final.

O que normalmente se observa é o lixo sendo disposto nas regiões periféricas das cidades, em solos não adequados para esse fim, constituindo verdadeiros lixões a céu aberto.

Dados do IBGE (2002) destacam que no Brasil 59% dos municípios destinam seus Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em lixões; 13% em aterros sanitários; 17% em aterros controlados; 0,6% áreas alagadas; 0,3% em aterros especiais; e apenas 2,8% têm programas de reciclagem. No estado de Mato Grosso a situação é preocupante em relação à destinação dos RSU, pois dos 141 municípios, apenas 28 (20%) efetivamente estão tomando providências técnicas para destinação adequada dos seus resíduos (SEMA, 2009).

Existem três formas básicas para destinação final dos RSU: lixões ou vazadouros, aterros sanitários e aterros controlados, os quais podem ser definidos da seguinte forma: (a) lixões ou vazadouros resultam da simples descargas dos RSU a céu aberto sem levar em consideração a área em que está sendo feito a descarga, a percolação do chorume e a liberação de gases, além da poluição visual (SERRA et al., 1998), representando uma forma inadequada e ilegal de disposição de resíduos sólidos; (b) aterro controlado: diferencia-se do lixão apenas pelo fato do lixo não ficar exposto a céu aberto, sendo periodicamente coberto por terra. Nesse sistema, o solo não é impermeabilizado e não possui sistema de drenagem do líquido percolado e captação dos gases produzidos pela decomposição da matéria orgânica; e (c) aterro sanitário refere-se a uma instalação previamente planejada visando a posterior disposição dos RSU, tendo em vista minimizar os riscos ambientais e a saúde da população (MUÑOZ, 2002). Para sua instalação devem ser realizados estudos geológicos, pedológicos e topográficos para a seleção da área. A impermeabilização do solo é fundamental e os líquidos percolados coletados devem ser conduzidos por drenos horizontais e os gases liberados captados por drenos verticais. O lixo é compactado e coberto diariamente por com camada de terra de 0,20 a 0,40 m (SERRA et al., 1998).

Entre as técnicas para tratamento e disposição final dos RSU, os aterros sanitários são considerados a forma mais adequada e ambientalmente correta, uma vez que os aterros controlados, com o passar do tempo vão se

transformando em lixões (JUCÁ, 2003). Todavia, o mau uso do aterro sanitário, no tocante ao seu gerenciamento e operacionalização, pode resultar em sérios comprometimentos da área (DACACH et al., 2003). Além disso, os aterros sanitários possuem algumas limitações, como o tempo de vida razoavelmente curto e a grande dificuldade em se obter locais adequados para sua implantação nas proximidades dos centros urbanos, que não aqueles considerados de recarga de aquíferos (VIANA, 1999).

Por ser a maneira mais fácil e barata de disposição de rejeitos, o solo recebe grandes quantidades desses, muitos contaminados com substâncias químicas, potencialmente tóxicas, carcinogênicas ou mutagênicas, como é o caso de produtos da reciclagem de efluentes e lodos industriais ou mesmo resíduos urbanos (ACCIOLY e SIQUEIRA, 2000).

Segundo SANTOS et al. (2006), o solo é o material natural que compõe a parte superficial do terreno constituída por horizontes (camadas) de compostos minerais e/ou orgânicos. É resultante da alteração e evolução de um material original (rocha ou outro solo), diferindo deste por características físicas, químicas, morfológicas, mineralógicas e biológicas. O corpo tridimensional representando o solo é chamado de pedon. A face do pedon que vai da superfície ao material de origem, usada para fins de exame, descrição e coleta do solo, é chamado de perfil, que é a unidade básica de estudo do solo. A profundidade de dois metros tem sido usada como limite inferior de observação das propriedades do pedon (SCHNEIDER et. al, 2007).

O perfil é constituído por seções mais ou menos paralelas à superfície, que são denominadas horizontes ou camadas. Dessa forma, as informações que se deseja a respeito são obtidas através do exame e da descrição dos perfis, com posterior coleta dos materiais dos horizontes para as análises químicas e físicas que se façam necessárias para a caracterização analítica (OLIVEIRA, 2005).

De acordo com ABRELPE (2004) estima-se que no Brasil existam cerca de 8.000 locais de disposição inadequada de resíduos, que estão contaminando o solo e o lençol freático, sendo que no estado de São Paulo a

contaminação de áreas por disposição de resíduos corresponde a 6,88% da área do estado.

A contaminação do solo tem se tornado uma das maiores preocupações ambientais, uma vez que, geralmente, a contaminação interfere no ambiente global da área afetada (solo, águas superficiais e subterrâneas, ar, fauna e vegetação). Assim, ao longo dos últimos anos, têm sido detectados numerosos casos de contaminação do solo em zonas urbana e rural (CASTILHOS, 2003).

Sanchez (2001) relata que a contaminação do solo apresenta dois agravantes em relação à poluição do ar e das águas: seu caráter cumulativo e a baixa mobilidade dos poluentes. Ou seja, as substâncias nocivas acumuladas no solo, ali permanecem e lentamente pode poluir as águas subterrâneas e superficiais e afetar a biota.

Conforme relatam Celere et al. (2007), as áreas de despejo e de disposição dos resíduos sólidos (lixões, aterros controlados e aterros sanitários) não podem ser consideradas como o ponto final para muitas das substâncias contidas nos resíduos ali dispostos ou produzidas pelo lixo urbano, pois, quando a água, principalmente das chuvas, percola através desses resíduos, várias substâncias orgânicas e inorgânicas são carregadas pelo chorume, líquido escuro que contém altas concentrações de compostos orgânicos e inorgânicos.

A composição físico-química do chorume é extremamente variável, dependendo de fatores que vão desde as condições pluviométricas locais até tempo de disposição e características do próprio lixo. Esse líquido pode conter altas concentrações de metais pesados, sólidos suspensos e compostos orgânicos originados da degradação de substâncias que são metabolizadas, como carboidratos, proteínas e gorduras. Por apresentar substâncias altamente solúveis, pode escorrer e alcançar as coleções hídricas superficiais ou até mesmo infiltrar-se no solo e atingir as águas subterrâneas, comprometendo sua qualidade e potenciais usos (MUNÕZ, 2002).

A água subterrânea propriamente dita encontra-se nas zonas saturadas, onde os poros, fraturas ou espaços vazios da matriz sólida estão completamente preenchidos por água. Assim, como fazem parte do mesmo

contexto, o que ocorrer com o solo repercutirá nas águas subterrâneas, podendo resultar em alterações de sua qualidade (ZANCHETA, 2007).

Para Barbosa et al. (2000), o chorume pode agregar em sua composição: (a) matéria orgânica dissolvida: medida pela demanda química em oxigênio (DQO) e pela demanda biológica de oxigênio (DBO), ou pelo carbono orgânico total (COT), incluindo o metano, os ácidos graxos voláteis (AGV) e outras combinações orgânicas; (b) componentes orgânicos antrópicos (COA): hidrocarbonetos aromáticos, fenóis, compostos alifáticos clorados, entre outros; (c) cátions: Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K, N-NH₄, Cu e Zn; (d) ânions: HCO₃⁻; Cl⁻, SO₄²⁻; e (e) metais tóxicos: Cd, Cr, Pb, Ni, e Hg.

Conforme Mucelin e Bellini (2008), os metais pesados em solos são derivados tanto do intemperismo da rocha de origem, que age sobre o material parental, como de fontes externas naturais (erupção vulcânica) ou antrópicas (indústrias, agricultura, disposição de resíduos).

Os elementos presentes no solo e constituintes primários das rochas são: oxigênio, silício, alumínio, ferro, carbono, cálcio, potássio, sódio, magnésio, fósforo, zinco, cobre, boro e cloro. São considerados macronutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, magnésio e cálcio; e micronutrientes: boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, cloro e zinco; e micronutrientes benéficos: cobalto, níquel, silício e selênio; os elementos tóxicos no solo são: sódio, alumínio, cádmio, cromo, mercúrio, chumbo etc (Casarini et al., 2004).

Metais tóxicos como chumbo, mercúrio, cádmio, arsênio, cromo, zinco e manganês, dentre outros, estão presentes em diversos tipos de resíduos levados para lixões, podendo ser encontrados em: lâmpadas, pilhas, baterias, tintas, produtos de limpeza, óleos lubrificantes, solventes, aerossóis, amálgama, materiais fotográficos e radiográficos, embalagens de produtos químicos, pesticidas, fungicidas e inseticidas, componentes eletrônicos, produtos farmacêuticos, latarias de alimentos, aditivos alimentares e plásticos descartados (MUNÕZ, 2002).

De acordo com Casarini et al. (2001), o solo atua freqüentemente como um “filtro”, tendo a capacidade de depuração e imobilizando grande parte das

impurezas nele depositadas. No entanto, essa capacidade é limitada, podendo ocorrer alteração da qualidade do solo, devido ao efeito cumulativo da deposição de poluentes atmosféricos, a aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes e à disposição de resíduos sólidos industriais, urbanos, materiais tóxicos e radioativos.

O solo, por muito tempo foi considerado um receptor ilimitado de substâncias nocivas descartáveis, como os resíduos sólidos domésticos e industriais, com base no suposto poder tampão e potencial de autodepuração, que leva à remediação dos impactos criados. Posteriormente, na década de 70, ficou comprovado que se superestimou estas capacidades do solo, sendo direcionada maior atenção à sua proteção na atualidade (CASTILHOS JR, 2003).

Os poluentes inorgânicos tóxicos que ocorrem em solos estão sob a designação de “metais pesados”, termo usado para caracterizar um grande grupo de elementos com densidade atômica elevada (maior que $5,0 \text{ g cm}^{-3}$) ou massa atômica maior que 20. Os metais pesados englobam alguns elementos considerados elementos tóxicos ou não essenciais, como o Pb, Cd, Hg, As, Ti, e U, bem como elementos essenciais ou micronutrientes, que são aqueles requeridos pela maioria dos seres vivos em pequenas concentrações, mas que podem se tornar tóxicos em elevadas concentrações, como é o caso de Cu, Mn, Fe e Zn às plantas e animais, Co, Cr, Se e I para os animais e B, Mo, e Ni exclusivamente para as plantas (GUILHERME et al., 2005).

O termo metais pesados atualmente vem sendo substituído por elementos-traço, utilizado para definir metais catiônicos e aniônicos presentes em baixas concentrações em solos e plantas (GUILHERME et al, 2005). Esses elementos-traço ocorrem em concentrações menores que 1% nas rochas que compõe a crosta terrestre (ZANCHETTA, 2007).

Os metais que são incorporados nos solos podem seguir diferentes vias de retenção ou transporte. Podem ficar retidos no solo, dissolvidos na solução do solo ou fixados por processos de adsorção, complexação e precipitação. Também podem ser absorvidos pelas plantas e, assim, serem incorporados na

cadeia trófica ou podem passar para o ar por volatilização ou mover-se para águas superficiais ou subterrâneas (ACCIOLY e SIQUEIRA, 2000)

A concentração média de cádmio na crosta terrestre é de $0,15 \text{ mg Kg}^{-1}$, sendo pouco móvel no perfil do solo (SANEPAR, 1997 apud CHAGAS, 2000). Para o estado de São Paulo, a CETESB toma como valor de referência para solos não contaminados o teor de $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ (CETESB, 2005). No estado de Mato Grosso, teores médios de $0,45 \text{ mg kg}^{-1}$ ($\pm 0,26$) em solos de vegetação nativa são relatados por Pierangeli et al. (2009).

Conforme Chagas (2000), o Cd não é considerado fisiologicamente essencial ao ser humano e tem sua excreção de forma muito lenta pelo organismo. O ferro, o cálcio, o selênio e o zinco são elementos inibidores do cádmio, que bioacumula nos tecidos do corpo, podendo causar intoxicação crônica, conhecida como cadmiose, além de ter sinergismo com outras substâncias tóxicas.

Tem-se atribuído ao cádmio a causa de vários processos patológicos no homem, como tumores nos testículos, disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, doenças crônicas de envelhecimento e câncer (CHAGAS, 2000.)

Um caso observado na saúde pública ocorreu em Toyama (Japão) em 1946, que ficou conhecido como doença da dor ou "Itai-Itai" (ai-ai). A ingestão por quinze anos, de água contaminada com cádmio, provocou a enfermidade de duzentas pessoas, com cem casos fatais. A doença é caracterizada por sintomas reumáticos, com intensa dor nos ossos, provocada pela perda de minerais dos ossos, fazendo com que fiquem extremamente flexíveis (TEIXEIRA, 1998 apud CHAGAS, 2000).

As águas não poluídas contêm menos do que $1 \text{ }\mu\text{g/L}$ de cádmio e, no caso de contaminação das águas superficiais, esta se dá por descarga de resíduos industriais e lixiviação de RSU, ou de solos que recebem lodo de esgoto. As principais vias de exposição ao cádmio são os alimentos, a água para o consumo humano, ar, cigarros e exposição industrial (OLIVEIRA, 2001).

Com densidade de $11,34 \text{ g/cm}^3$, o chumbo é utilizado na fabricação de baterias, sendo usado também na gasolina, em pigmentos, munição e soldas.

Apresenta coloração cinza-azulado e é suficientemente mole para ser cortado com uma faca, porém impurezas, como o antimônio, arsênio, cobre ou zinco, tornam esse metal muito duro. É resistente à oxidação atmosférica e ao ataque dos ácidos clorídricos ou sulfúricos diluídos, mas é rapidamente dissolvido pelo ácido nítrico (MAVROPOULOS, 1999). Segundo este mesmo autor, na natureza o chumbo pode ser encontrado em seu estado livre sob quatro formas e ocasionalmente na forma metálica. Associado a outros elementos dá origem a vários compostos, sendo que o carbonato de chumbo, cerusita (PbCO_3), é comumente encontrado. Combinado com o enxofre, o chumbo ocorre sob a forma de sulfeto, PbS (galena), que é um dos mais abundantes minérios de chumbo. Ocorre como contaminante ambiental e as concentrações no meio ambiente cresceram de acordo com o aumento do seu uso industrial.

O teor de chumbo em rios e lagos encontra-se na faixa de 1 a 10 $\mu\text{g/L}$, porém valores maiores têm sido registrados onde a contaminação tem ocorrido como resultado de atividades industriais. As principais vias de exposição ao chumbo são água para consumo humano, alimentar, ar e cigarros (OLIVEIRA, 2001). Com o advento da Revolução Industrial, as concentrações de chumbo no meio ambiente elevaram-se de forma alarmante, principalmente, devido à introdução de compostos orgânicos de chumbo (chumbo tetraetila), como aditivo para gasolina. Nos últimos anos, a demanda de chumbo tem sofrido uma mudança quanto ao tipo de sua utilização. Seu emprego como antidetonante na gasolina e em tintas tem diminuído bastante, porém seu emprego em processos industriais tem aumentado significativamente. Usa-se chumbo na fabricação de canos para conduzir a água, na fabricação de revestimento de cabos elétricos, de chapas para pias, cisternas e telhados, na indústria de acumuladores etc. O arsenato de chumbo tem sido muito empregado como inseticida (LAUERMAN, 2007).

A contaminação do solo por esse metal pode advir de forma natural ou geológica, como também através de atividades exercidas pelo homem (mineração, indústria e transporte). Sendo assim, o teor de chumbo nos solos varia de região a região: em regiões próximas às vias de tráfego intenso e de indústrias, os teores de chumbo são bem mais elevados que aqueles

encontrados em áreas isoladas (LAUERMAN, 2007). Pierangeli et al (2001), estudaram teores de Pb em Latossolos brasileiros, verificando que os mesmos encontram-se dentro dos teores médios relatados para solos não contaminados e que os teores totais de Pb nos solos estudados mostraram-se relacionados com seu material de origem. Porém teores tão altos quanto 9.678 mg Pb kg⁻¹ de solo são relatados em solos de áreas próximas à área de metalurgia e mineração de Pb em Adrianópolis-PR (Andrade, 2009).

O pH do solo influencia a mobilidade do metal Pb no solo (Pierangeli et al., 2001), o qual pode sofrer modificações, formar compostos menos solúveis e tornar-se menos disponível. Em solos cultivados, os níveis de Pb podem variar de 20 a 80 mg kg⁻¹ (MAVROPOULOS, 1999).

A contaminação da água pelo Pb tem sido objeto de várias pesquisas. Água potável com baixo pH e baixas concentrações de sais dissolvidos pode carrear quantidades de chumbo provindas de soldas, encanamentos, ferragens, cisternas, reservatórios etc. (WHO, 1993 apud MAVROPOULOS, 1999).

O chumbo é um elemento tóxico não essencial, o qual se acumula no organismo. Dependendo do nível e duração da exposição pode afetar vários sistemas orgânicos, resultando em efeitos no sistema renal, efeitos no sistema gastrointestinal, efeitos no osso, carcinogenicidade e teratogenicidade (MAVROPOULOS, 1999).

O cromo (Cr) possui densidade 7,19 g/cm³ sendo utilizado na fabricação de ligas metálicas empregadas na indústria de transporte, construções e fabricação de maquinários, fabricação de tijolos refratários, indústria têxtil, fotográfica e de vidros (CHAGAS, 2000).

Os níveis de Cr na água, geralmente, são baixos (9,7 µg/L), embora níveis maiores já tenham sido relatados como consequência do lançamento nos rios de RSU contendo este metal (DAMASCENO, 1996 apud OLIVEIRA, 2001).

A atividade biológica do cromo, isto é, seu efeito como metal essencial à vida, está restrito à sua forma trivalente, que se mostra necessário para a prevenção da diabete e arteriosclerose. Não se conhece nenhum efeito

produzido por excessivo consumo dessa forma de cromo. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1976 apud Rocha, 1985), são mais conhecidos os problemas relacionados às deficiências de cromo na dieta, levando os animais ao atraso no crescimento do que problemas relacionados à sua toxicidade.

Para Chagas (2000), o cromo hexavalente (Cr^{6+}), este sim, é corrosivo à mucosa em teores de 10 mg/kg de peso corporal, podendo ser absorvido por ingestão, através da pele ou inalação, provocando câncer de pulmão, perfuração do septo nasal e outras complicações respiratórias. Embora, esta forma de cromo possa ser encontrada na maioria dos sistemas biológicos, ainda são desconhecidos seus efeitos benéficos ao ser humano. Os sais hexavalentes do cromo são mais tóxicos que os sais trivalentes.

O ácido crômico, os cromatos e bicromatos, provocam maiores problemas à saúde quando inalados, ou por contato com a pele (TEIXEIRA, 1998 apud CHAGAS, 2000). As principais vias de exposição ao cromo são água para consumo humano, alimentos e cigarros (DAMASCENO, 1996 apud OLIVEIRA, 2001). O Cr é um elemento muito distribuído nos solos, águas e materiais biológicos. O teor médio nos solos varia de 100 a 300 mg kg⁻¹. De modo geral, apenas uma fração muito pequena de cromo total do solo é disponível para as plantas (CHAGAS, 2000). Segundo a CETESB (2005), os valores de referência para solos não contaminados, no estado de São Paulo, são teores abaixo de 40 mg kg⁻¹. Borges et al. (2008) estudaram solos no sudoeste da Bahia, e os solos argilosos apresentaram os maiores teores, bem próximos aos valores de prevenção, o que segundo os autores, indica possível alteração na qualidade natural dos solos.

O elemento níquel (Ni), com densidade 8,90 g/cm³, é utilizado na produção de ligas, na indústria de galvanoplastia, na fabricação de baterias juntamente com o cádmio (baterias Ni-Cd), em componentes eletrônicos, produtos de petróleo, pigmentos e como catalisadores para hidrogenação de gorduras (DAMASCENO, 1996 apud OLIVEIRA, 2001).

O teor de Ni no solo é muito variável dependendo de fatores como a rocha de origem. Os valores médios mundiais estão entre 20 e 40 mg kg⁻¹

(CHAGAS, 2000). Segundo a CETESB (2005), teores abaixo de 13 mg kg^{-1} são valores de referência para solos não contaminados, no estado de São Paulo. Problemas de contaminação de águas com níquel estão associados com a descarga de efluentes industriais contendo altos teores desse metal. O Ni apresentou teores abaixo do valor de referência, em todos os solos, em estudos realizados em solos no sudoeste da Bahia (BORGES et al, 2008), apresentando teores de $3,8 \text{ mg kg}^{-1}$ em média no Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. As principais vias de exposição ao Ni são água para consumo humano, alimentos, ar, exposição industrial e cigarros.

As concentrações tóxicas de Ni podem causar muitos efeitos, entre eles, o aumento da interação competitiva com alguns elementos essenciais (Ca, Co, Fe e Zn) provocando efeitos mutagênicos pela ligação do Ni aos ácidos nucleicos, indução de câncer nasal, pulmonar e na laringe, indução ao aparecimento de tumores malignos nos rins e também efeitos teratogênicos (OLIVEIRA, 2001).

Segundo Zanchetta (2007), o mercúrio (Hg) possui densidade de $13,54 \text{ gcm}^{-3}$, sendo o único metal encontrado na forma líquida em condições normais de temperatura e pressão, formando vapores incolores e inodoros. Além disso, o Hg ocorre no meio ambiente associado a outros elementos químicos, formando compostos inorgânicos ou sais. Para o mesmo autor, dentre estes elementos, o mais comum é o enxofre, com o qual forma-se o sulfeto de mercúrio insolúvel (ocorrendo na forma de cinábrio, HgS), que não é considerado tóxico. Este metal pode, também, ser encontrado na forma de compostos organometálicos. Muitos destes compostos têm importância no uso diário, tanto na indústria, como na agricultura.

O Hg na forma natural surge da degradação da crosta terrestre a partir de vulcões e, provavelmente, pela evaporação dos oceanos. No entanto, as fontes artificiais de mercúrio são mais diversificadas do que as naturais (CARDOSO et al., 2002). Segundo esses autores, a queima de combustíveis fósseis é considerada uma das fontes de mercúrio, além do mais, as indústrias de cloro-soda, equipamentos eletrônicos, fabricação de tintas, etc, são

consideradas as maiores consumidoras de mercúrio, perfazendo 55% do total consumido.

Alguns compostos de mercúrio têm sido utilizados na agricultura, principalmente, como fungicidas. É utilizado em uma variedade de aplicações no exército, pilhas, odontologia e medicina. Embora, o uso industrial do mercúrio tenha sofrido reduções, recentemente, devido a um controle mais efetivo, altas concentrações ainda estão presentes nos sedimentos associados a aplicações industriais deste metal (MUNÕZ, 2002).

Dentre os metais tóxicos, o Hg pode ser citado como o mais estudado pelos seus efeitos na saúde. Em Minamata, no Japão, em 1956, uma fábrica que utilizava uma das formas do mercúrio como catalisador na síntese de aldeídos e desprezava seus resíduos nos corpos d'água, provocou a contaminação da Baía de Minamata, resultando em casos fatais e mais de 2.000 casos com seqüelas (WEISS, 1996, apud MUNÕZ, 2002).

O Hg é considerado um poluente de alto risco, sendo regulado pela United State Enviromental Protect Agency -USEPA (CARDOSO et al., 2002). A preocupação a respeito da poluição com Hg surge dos efeitos à saúde decorrentes da exposição por mercúrio metilado (que é extremamente tóxico) encontrado na água e alimentos aquáticos. A biotransformação do Hg inorgânico em metilmercúrio representa um sério risco ambiental visto que ele se acumula na cadeia alimentar aquática por um fenômeno chamado bioamplificação, isto é, a concentração do metal aumenta à medida que ele avança nos níveis tróficos (ZANCHETA, 2007). Os efeitos biológicos deste metal e seus derivados são extremamente variados, abrangendo desde efeitos citológicos e reprodutivos (principalmente teratogênicos) até neurológicos (CARDOSO et al., 2002).

O consumo doméstico das lâmpadas fluorescentes, cujo componente principal é o Hg, aumentou drasticamente em virtude das necessidades de se economizar energia elétrica. Quando as lâmpadas se quebram, ocorre a inalação do elemento por quem a manuseia. A disposição final das lâmpadas em lixões e aterros, dependendo da capacidade do solo na retenção desse metal, pode causar a contaminação dos lençóis freáticos, comprometer terras

cultivadas e dessa forma atingir a cadeia alimentar (ZANCHETTA, 2007). Linhares et al. (2008), em estudos feitos em diferentes tipos de solo na Amazônia ocidental, relataram que as maiores concentrações de Hg foram registradas em Argissolos, em horizontes sub-superficiais, geralmente a uma profundidade superior a 40 cm, tendência marcada pelos elevados valores da fração argila e matéria orgânica. Nesses horizontes a média encontrada de teores de Hg foi $265,4 \mu\text{g kg}^{-1}$.

Gonzaga et al. (2006 apud Suzuki, 2005) descreveram que o arsênio (As) é um metalóide traço encontrado basicamente em todos os ambientes, em diferentes estados de oxidação, formando vários compostos.

Elevadas concentrações de As no solo podem acontecer naturalmente devido ao intemperismo de rochas ricas em arsênio, tais como a arsenopirita. De modo geral, as rochas apresentam teores variados de As. As rochas metamórficas apresentam concentrações que refletem suas precursoras ígneas e sedimentares, com teores inferiores a 5 mg kg^{-1} . As rochas sedimentares têm valores superiores à média da crosta terrestre (2 mg kg^{-1}), pois podem funcionar como verdadeiros "filtros" das soluções geradas pelo intemperismo da crosta superficial. A tendência de concentração nas rochas sedimentares depende da proporção de sulfetos, óxidos, matéria orgânica e argilominerais presentes nos sedimentos (LADEIRA et al., 2002).

Além da origem pelo intemperismo das rochas, as atividades antropogênicas são fontes de As para o ambiente. Provêm basicamente do uso continuado de seus compostos como pesticidas, preservativos da madeira, da sua emissão durante a mineração e fundição de ouro, chumbo, cobre e níquel, da produção de ferro e aço e da combustão de carvão, do qual é um contaminante (Sakuma et al., 2003). A atividade humana também provoca emissão para a atmosfera, principalmente por usinas termoelétricas ou fundições onde ocorre queima de grandes quantidades de carvão e na refinação de metais onde o As é subproduto lançado à atmosfera e ao solo (Campos et al., 2007).

Nos solos, o tempo de retenção do As é em função de características do solo, tais como pH, teores de matéria orgânica e de óxidos de Al e Fe

(KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001). Além disso, as condições hidrológicas e climáticas também interferem de maneira significativa nas interações do As com o solo. De forma geral, a concentração de arsênio nos solos variam de 0,21 a 41 mg/kg, mas em solos agrícolas contaminados esse valor pode chegar a 600 mg/kg (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001). Os teores de referência de qualidade para o As em solos de São Paulo é de 3,5 mg kg⁻¹ de solo (CETESB, 2005).

No estado de Mato Grosso Pierangeli et al (2009) relataram teores médios de As iguais a 43,9 mg kg⁻¹ em área de vegetação nativa e 101,13 mg kg⁻¹ em área de garimpo.

O As é considerado um poluente prioritário em vários países do mundo, conforme estabelecido por ATSDR (2007) e segundo LADEIRA (2002), o aumento da exposição ao As afetou a saúde de milhares de pessoas, principalmente em países subdesenvolvidos devido à falta de infra-estrutura de saneamento básico. O maior envenenamento por As da história humana é registrado em Bangladesh, com números estimados em 35 milhões de pessoas contaminadas, e em Bengala Ocidental, onde 6 milhões de pessoas estão sob risco.

O As é encontrado em formas inorgânicas e orgânicas, sendo que a capacidade de participar de inúmeras ligações químicas torna seu comportamento ambiental especialmente complexo, com reflexos na sua mobilidade, biodisponibilidade e toxidez (BARRA et al., 2000). A metilação do As inorgânico, por exemplo, constitui importante mecanismo de redução de sua toxidez (LADEIRA, 2002)

Considerando os metais pesados no solo, a capacidade de retenção depende de características intrínsecas de cada solo e das propriedades de cada metal, sendo necessária ampla análise para determinar se um solo apresenta características que o habilite a servir como depósito de resíduos.

A Companhia Ambiental do estado de São Paulo (CETESB, 2005) é que dispõe sobre os valores orientadores de elementos-traço para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo, os quais são definidos da seguinte forma:

Valor de Referência de Qualidade (VRQ)- é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea, e é determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos e amostras de águas subterrâneas de diversos aquíferos do Estado de São Paulo. Deve ser utilizado como referência nas ações de prevenção da poluição do solo e das águas subterrâneas e de controle de áreas contaminadas.

Valor de Prevenção (VP)- é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Este valor indica a qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas. Foi determinado para o solo com base em ensaios com receptores ecológicos. Deve ser utilizado para disciplinar a introdução de substâncias no solo e, quando ultrapassado, a continuidade da atividade será submetida a nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução das cargas poluentes proceder o monitoramento dos impactos decorrentes.

Valor de Intervenção (VI)- é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico. Para o solo, foi calculado utilizando-se procedimento de avaliação de risco à saúde humana para cenários de exposição Agrícola, (Área de Proteção Máxima), Residencial e Industrial.

Atributos dos solos como pH, textura e composição mineral (teor e tipos de argilas, teor de óxidos de ferro, alumínio e manganês), teor de matéria orgânica, capacidade de troca de cátions (CTC), potencial de oxi-redução, composição da solução do solo e a temperatura do ambiente (GUILHERME et al., 2005), bem como das propriedades de cada metal influenciam na capacidade de retenção, que são dependentes de reações químicas e de processos microbiológicos.

O solo pode inativar íons e compostos por reações de adsorção, complexação ou precipitação. Os microorganismos do solo auxiliam nesses

processos, pois são capazes de decompor os mais diversos materiais orgânicos, desdobrando-os em compostos menos tóxicos ou atóxicos (COSTA et al., 2004). No entanto, os metais pesados, não são biodegradados, acumulando-se nos ecossistemas.

Solos de textura argilosa, por exemplo, apresentam uma maior capacidade de reter os metais provenientes da decomposição do lixo ou de outra fonte qualquer. Isso porque esses solos apresentam em geral maior CTC, disponibilizando cargas negativas onde os metais pesados podem se ligar. Essa ligação geralmente acontece por complexo de esfera interna, ou seja, é uma ligação muito forte, capaz de imobilizar o metal, diminuindo muito os riscos de lixiviação desses elementos, o que, a princípio, evitaria a contaminação do lençol freático e a contaminação dos solos próximos ao local (ZANCHETTA, 2007). Fadigas et al. (2002) estudaram teores de metais em alguns solos brasileiros, verificando que os teores de argila mostraram correlação positiva e significativa com o teor de Fe, Cd, Zn, Ni e Cr. Trabalhos de Pierangeli et al. (2003), enfatizaram a importância de vários atributos do solo (pH, matéria orgânica, força iônica, teores de argila etc) na retenção de Pb e Cd.

Assim, o solo pode servir como meio atenuante de contaminantes através de processos físicos, químicos e biológicos de interação solo-poluinte. Segundo Santos (1996), acreditava-se que, no passado, os percolados do lixo eram completamente purificados pelo solo e, desta forma, não havia a preocupação com relação à contaminação das águas subterrâneas. Todavia, sabe-se atualmente que essa capacidade de atenuação do solo foi superestimada, admitindo a necessidade de maior atenção para minimizar prejuízos advindos dessa atividade (CASTILHOS JR, 2003)

Em geral, os solos com alto teor de argila apresentam baixa permeabilidade, e por isso são freqüentemente utilizados como barreiras naturais e artificiais em sítios de disposição de resíduos para limitar o escape dos contaminantes, tanto para o lençol freático quanto para o solo. (ZANCHETTA, 2007).

Guilherme et al. (2005) reforçaram que a minimização dos impactos causados pela poluição do solo e da água é fundamental para a melhoria da

qualidade ambiental e para o desenvolvimento sustentável, visando a redução de possíveis efeitos deletérios sobre a saúde humana e ambiental. O conhecimento das causas desses impactos configura em importante ferramenta, capaz de fornecer indicadores para uma gestão ambiental. Diante disso o estudo dos teores de metais pesados na área de deposição de lixo em Cáceres-MT é apenas um das variáveis desse importante problema de saneamento que envolve questões de natureza social, ambiental, sanitária, política e econômica.

O objetivo desse estudo foi avaliar os teores dos metais As, Cd, Pb, Cr, Hg e Ni e atributos da fertilidade do solo na área destinada ao recebimento dos RSU (Lixão municipal) da cidade de Cáceres-MT.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

Em Cáceres a destinação dos resíduos sólidos sempre foi em vazadouros e, atualmente o lixão fica localizado na BR MT-343 (Figura 1). Inicialmente o lixão, foi projetado para ser operacionalizado nos moldes de aterro controlado. No entanto, a falta de gerenciamento desencadeou a situação atual.

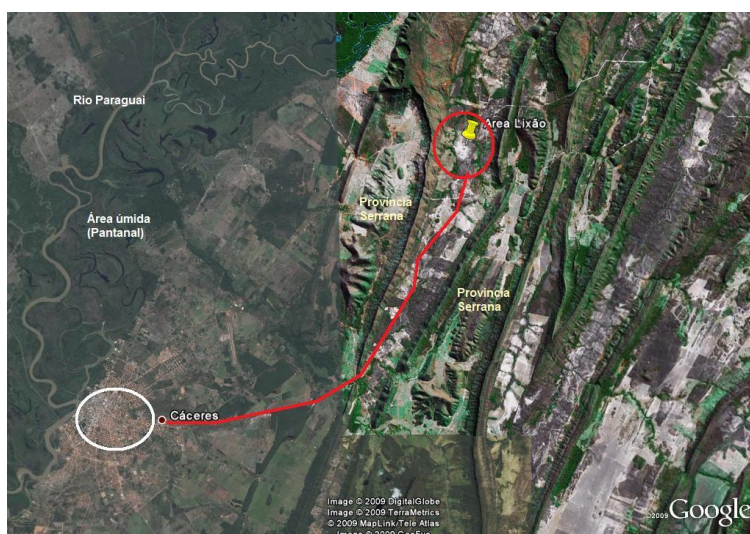


Figura 1 Localização da área do Lixão de Cáceres–MT (Adaptado de Google Earth, 2009).

Em 2001 foi iniciada a implantação do aterro sanitário no município de Cáceres, porém até o momento o mesmo encontra-se inacabado. Fatores como embargação da obra por órgãos ambientais retardaram a instalação do aterro por um período. Posteriormente, a obra caiu no esquecimento da gestão pública e hoje encontra-se abandonada, estando grande parte destruída (Figura 2).



Figura 2 Obra inacabada do aterro sanitário de Cáceres-MT onde pode ser observada a manta de impermeabilização destruída.

A bacia hidrográfica (coordenadas 15°57' a 16°12' de latitude sul e 57°30' a 57°42' de longitude oeste) da área do Lixão cujo rio principal é o córrego das Piraputangas, apresenta uma área de 170 Km². Os principais afluentes pela margem direita são os córregos Água Limpa, Pita Canudo e Pirizal, e pela margem esquerda os córregos Facãozinho, Quilombo, Raso e Sumidouro. Toda a bacia drena no Rio Paraguai, o qual deságua na Bacia do Prata. A área está sobre a formação geológica Raizama e os solos predominantes são Argissolos Vermelho Amarelo distrófico (SOUZA, 1998). As rochas típicas dessa formação são arenitos, ortoquartzíticos, feldspatos, intercalados por camadas sílticas e argilíticas (NEVES et al., 2009).

A área é uma propriedade particular de aproximadamente 30 ha, arrendada à Prefeitura Municipal de Cáceres, sendo utilizada há cerca de dez anos para a disposição de resíduos sólidos provenientes da coleta pública, o qual perfaz cerca de 39 toneladas diariamente (ALCÂNTARA, 2010). O local é cercado por fios de arames, os quais não impedem o acesso de animais de

pequeno e grande porte, notadamente pela fragilidade e/ou deficiência da cerca. Além de animais é comum a presença de catadores de lixo no local.

Oficialmente área é considerada um aterro controlado, todavia devido à tendência de operacionalização acaba por caracterizar-se como lixão, considerando-se que eventualmente os resíduos são queimados ou depositados em valas e na maioria das vezes ficam expostos a céu aberto (Figuras 3 A e B).

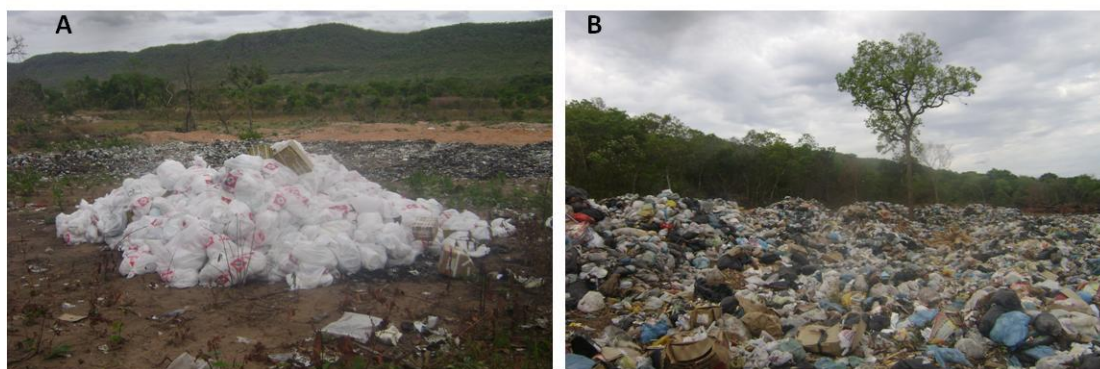


Figura 3 Resíduos sólidos urbanos depositados á céu aberto no lixão de Cáceres-MT. (A = resíduos da saúde; B = lixo doméstico.)

Procedimento amostral

A área de estudo, para critério metodológico e procedimento amostral, foi dividida em três subáreas (Figura 4), considerando o uso e ocupação da mesma: área ativa (AA), local que recebe atualmente resíduos sólidos diariamente; área inativa (AI), local já utilizado para deposição de lixo, todavia está inativa há aproximadamente cinco anos; e área natural (AN), área testemunha, adjacente à área do lixão ativo, porém onde nunca foram depositados resíduos sólidos.

Cada subárea com cerca de 100 m² foi subdividida em 12 pontos de coleta, onde a distancia entre cada ponto variou em torno de 25 metros. Dessa maneira, foram constituídas 12 repetições por subáreas nas profundidades 0,0

a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m. A distância (borda) entre as subárea foi de aproximadamente 100 m.

As orientações para coleta de solo seguiu o preconizado em Santos et al. (2005). Para a caracterização dos atributos químicos e físicos do solo foram coletadas amostras nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade, coletando-se 0,5 g de solo por ponto de amostragem, o qual foi armazenado em saco plástico.

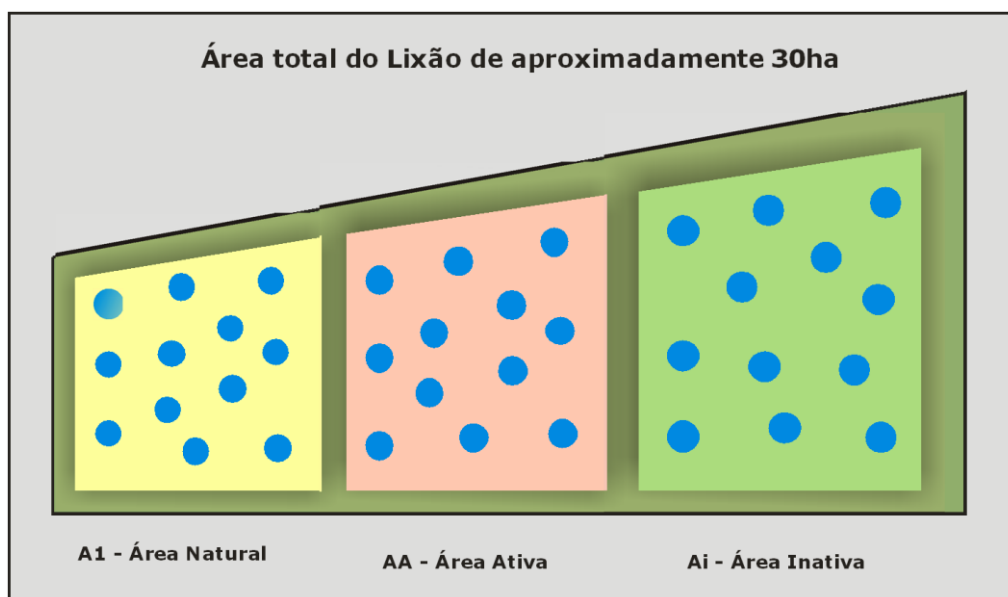


Figura 4 Desenho esquemático das três subáreas de estudo no lixão de Cáceres-MT

Para realização da análise granulométrica, foram utilizadas as amostras, referentes ao traçado de um transecto diagonal em cada área, perfazendo três amostras em cada profundidade (0-0,2 e 0,2- 0,4m), totalizando seis amostras por área.

Análise de As, Cd, Cr, Ni e Pb

As amostras de solos, após procedimentos de secagem e obtenção da terra fina seca ao ar, foram enviadas ao Laboratório Exata (Anexo A), em Jataí-GO, para quantificação dos teores total de Cd, Pb, Cr, Ni, e As. O método utilizado para extração dos desses metais foi o SW 3050B e a determinação dos mesmos nos extratos foi realizado por espectrometria de emissão óptica

com plasma acoplado indutivamente (ICP-AES). Devido o método utilizado (3050B) não ser o indicado para análise de Hg, optou-se por não discutir esse elemento no presente estudo.

Para as análises de metais pesados utilizou-se o método preconizado em USEPA (1998) e Abreu et al. (2002).

Informações obtidas junto a Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA, órgão estadual responsável pela fiscalização das ações ambientais, no estado de Mato Grosso, indicam que nesse estado, ainda não foram estabelecidos os valores orientadores para concentrações de metais em solos de áreas suspeitas de contaminação ambiental. Considerando essas informações, a interpretação dos teores dos metais As, Cd, Cr, Pb, e Ni no solo do lixão de Cáceres-MT foi realizada com base nos valores estipulados para solos do estado de São Paulo, descrito em CETESB (2005).

Análise dos atributos de fertilidade do solo.

Todas as determinações relativas aos atributos de fertilidade do solo foram realizadas conforme estabelecido em Embrapa (1997). Para textura utilizou-se o método da pipeta; pH em água (1:2,5), carbono orgânico (CO) (oxidação via úmida com $K_2Cr_2O_7$ $0,4 \text{ mol L}^{-1}$), sendo a MO obtida multiplicando-se o valor do CO por 1,724. Fósforo (P) e potássio (K) foram extraídos com a solução Mehlich⁻¹ e o magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) determinados com KCl a 1 mol L^{-1} . Parâmetros como capacidade de troca de cátions total (CTC a pH 7,0) e efetiva (CTC_{efe}), saturação por bases (V %) e saturação por alumínio (m %) foram calculados para todas as amostras, conforme descrito por Ribeiro et al. (1999).

Descrição morfológica do Solo

Foi realizada a descrição morfológica do solo da área do lixão de Cáceres-MT, entendendo que é de importância fundamental o conhecimento das características morfológicas, considerando a influencia que as mesmas podem exercer no comportamento de diversas substancia no solo. A descrição

morfológica do solo da área natural foi realizada conforme estabelecido em Santos et al. (2006).

Coletou-se em cada horizonte, amostras de solo para análise dos atributos de fertilidade, análise granulométrica e determinação da cor.

Analises Estatística

Os resultados foram submetidos a análises estatísticas, utilizando-se o programa R versão 2.9.0. Efetuou-se o teste de normalidade em todas as variáveis: teores de metais, atributos do solo, áreas e profundidades. Na existência da normalidade, aplicou-se a análise de variância, utilizando o teste de Fischer “F”. A análise de algumas variáveis implicou na transformação dos dados mediante a logaritimização dos valores. Foi realizado o teste de Tukey ao nível de 5% para obtenção das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação dos teores de metais pesados nos solos de áreas destinadas para a disposição de resíduos sólidos é uma importante ferramenta para a gestão ambiental. O estudo realizado no lixão de Cáceres permitiu o conhecimento das características morfológicas do solo, os teores de alguns metais pesados e de arsênio e as características dos atributos de fertilidade, referentes a essa área.

A descrição morfológica (Apendice B) do perfil do solo do lixão mostrou que esse apresenta seqüência de horizontes A-AB-B_{t1}-B_{t2}-BC, os quais se encontram sobre rochas de arenito e quartzito (Formação Raizama).

O horizonte A apresentou espessura de 20 cm, apresentando textura arenosa (823 g/kg de areia; 86 g/kg de silte; e 91 g/kg de argila). O horizonte AB apresentou 25 cm de espessura (20-45 cm), apresentando a mesma textura arenosa, (776 g/kg de areia; 116 g/kg de argila e 108 g/kg de silte. O horizonte B_{t1}, profundidade de 45-90 cm possui textura média (654 g/kg de areia; 185 g/kg de argila; e 161 g/kg de silte. De 90-120 cm, foi caracterizado o horizonte B_{t2}, o qual também apresentou textura média (633 g/kg de areia; 188 g/kg de argila; e 149 g/kg de silte. O horizonte BC, localizado entre 120-150 (+) cm

também apresentou textura média (627 g/kg de areia; 218 g/kg de argila; e 155 g/kg de silte). Apesar de o solo da área ser profundo ($> 1,0$ m) o mesmo apresenta textura arenosa à média em todo o perfil. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, corroborando com os estudos de Souza (1998).

A análise granulométrica do solo das 03 áreas (natural, ativa e inativa) apontou para uma textura arenosa nas duas profundidades analisadas (0-0,2m e 0,2- 0,4m), apesar de se observar na camada mais profunda um aumento discreto na média do teor de argila, como também foram observados teores maiores de argila nos solos da área natural, em detrimento da ativa e inativa, conforme Tabela 1.

Tabela 1 Teores médios das frações granulométricas nas profundidades 0-0,2 e 02-0,4 m na Área Natural, Ativa e Inativa do Lixão de Cáceres-MT.

Área	Profund (m)	Frações granulométricas (g/kg)		
		Areia	Argila	Silte
Natural	0-0,2	767	101	132
	0,2-0,4	752	117	131
Ativa	0-0,2	789	87	124
	0,2-0,4	771	99	130
Inativa	0-0,2	797	84	119
	0,2-0,4	793	92	115

O transporte e a retenção de metais em solos de áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos têm sido motivo de estudo de vários autores e o comportamento observado é de significativo potencial de retenção de metais nos solos, em especial nos argilosos (Suzuki et al., 2005; Beck, 2005). Korf et al. (2008) apontaram que diversos estudos para retenção de metais em solos argiloso indicam alta capacidade de retenção de metais. Estudos de Oliveira et al. (2004) observaram a retenção de metais de lixiviados em solos argilosos de aterros sanitários e Lange et al., 2002 apud Korf et al. (2008) confirmaram a retenção de metais, em especial para o Cr, em solos com maior teor de argila.

A natureza arenosa da área representa inadequação da mesma para depósito de lixo, a qual favorece a lixiviação em detrimento da retenção de poluentes, segundo Korf et al. (2008). Baixos teores de argila, como verificados no solo desta área, contribuem para uma menor CTC e, conseqüentemente, menor adsorção de metais, conforme verificado para Cd e Pb (PIERANGELI et al., 2001). Segundo Chaves (2009), os minerais de argila afetam a adsorção de metais através do seu efeito sobre a CTC dos solos. Conforme Rocca et al. (1993), o teor de argila do solo escolhido para disposição de RSU e implantação de aterros deve conter teores de argila em torno de 56 a 62%. Para teores de argila inferiores a esses deve ser construído um sistema de impermeabilização.

Os valores de pH em água variaram de 5,2 a 5,6, representando em termos agronômicos um valor de medianamente ácido à fortemente ácido (TROEH & THOMPSON, 2007). Todos os horizontes apresentaram baixos valores referentes à saturação por bases, A (20,9%), AB (12,2%), B_{t1} (5,7%), B_{t2} (9,5%) e BC (11,6%), respectivamente, indicadores de um processo de lixiviação, típico de solos tropicais intemperizados. Essa característica (saturação por bases) menor que 50 % classifica esse solo como distrófico, no terceiro nível da classificação taxonômica do sistema brasileiro de classificação de solos (Embrapa, 2006).

Os horizontes analisados apresentaram valores de CTC efetiva entre 1,2 a 2,4 cmol_c dm⁻³ e CTC à pH 7 entre 2,6 à 4,9 cmol_c dm⁻³, sendo menor nos horizontes superficiais, provavelmente devido aos baixos teores de argila desses horizontes. Verificou-se ainda que o teor de matéria orgânica diminuiu em profundidade, devido à maior distância da zona de influência da cobertura vegetal.

Os teores dos elementos analisados são mostrados na Tabela 2. Para a maioria dos elementos não houve diferença estatística entre os teores dos elementos em função das diferentes áreas estudadas.

Tabela 2 Teores médios de metais pesados e As encontrados nas profundidades 0,2 e 0,4 m na Área Natural, Ativa e Inativa do Lixão de Cáceres-MT.

Área	Profund (m)	Metais pesados e As (mg/kg)				
		As	Cd	Cr	Ni	Pb
Natural	0,20	0,07	<L.D.	9,62	1,45	6,48
	0,40	0,09	<L.D.	11,77	2,31	7,12
Ativa	0,20	0,08	<L.D.	9,02	1,62	5,76
	0,40	<L.D.	<L.D.	10,50	2,33	6,53
Inativa	0,20	0,22	<L.D.	6,27	0,85	5,55
	0,40	0,31	<L.D.	6,70	1,03	5,99

<L.D.=Resultado menor que o limite de detecção do método. LD (mg/L)= As 0,015; Cd 0,001; Pb 0,005; Cr 0,001e Ni 0,002.

Em todas as amostras de solo avaliadas os elementos analisados apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos pela CETESB (2005), como valores de referência para solos não contaminados, os quais são: As (3,5 mg/kg), Cd (>0,5mg/kg), Cr (40 mg/kg), Ni (13 mg/kg) e Pb(17 mg/kg).

De acordo com a Tabela 2, não foram verificados em nenhuma amostra teores de Cd, e na maioria das amostras os valores de As se apresentaram menor que o limite de detecção do método utilizado para análises desses elementos. Esses resultados, possivelmente estejam relacionados à pequena quantidade de resíduos desprezados no local que contenham esses elementos ou as características do solo, as quais não favorecem a retenção de elementos-traço.

Fadigas et al. (2002) caracterizaram diversos solos brasileiros, em condições naturais, quanto aos teores totais dos metais pesados. Para esse autor, à exceção do Cd, as concentrações médias dos metais estudados foram, em geral, inferiores aos valores de referência, estabelecidos para os solos do estado de São Paulo (CETESB, 2005). Pierangeli et al. (2001) estudaram teores de Pb em amostras de 17 Latossolos brasileiros, verificando que os mesmos encontram-se dentro dos teores médios relatados para solos não contaminados e que os teores totais de Pb nos solos estudados mostraram-se relacionados com seu material de origem.

Os baixos teores observados para todos os metais nesse estudo, provavelmente, estão relacionados aos baixos teores de argila do solo da área do Lixão e ao material de origem do mesmo, haja vista que a geologia do local indicam a ocorrência de rochas areníticas, pobres em elementos-traço. Parecem indicar também que provavelmente os RSU dispostos nesse local apresentam baixas concentrações dos elementos analisados no presente estudo. Esses resultados diferem de outros relatos, como por exemplo, os estudos de Sisinnio e Moreira (1996), os quais verificaram teores elevados de Pb na área do aterro sanitário da cidade de Niterói-RJ; Muñoz (2002) encontrou altas concentrações de metais pesados nas amostras de solo e vegetais da área do aterro Sanitário de Ribeirão Preto-SP; e Melo et al. (2001) estudaram a área onde foi realizada a disposição de resíduos sólidos urbanos de Passo Fundo- RS por cerca de 8 décadas de uso, e verificaram elevados teores de Hg, Zn, Cu, Fe, Cr, Ni e Mn no solo.

Santana et al. (2008) verificaram alteração na concentração de metais pesados, tanto no solo, quanto no tecido foliar das espécies amostradas em áreas adjacentes a um aterro em Brasília-DF, quando comparada ao solo e plantas coletadas na área-controle e nos valores de referência da literatura.

Mesmo os teores dos metais estudados estarem abaixo do limite de referência são necessários avaliar seus comportamentos nas diferentes áreas e estabelecer relação com outras variáveis.

Nesse sentido, verificou-se que o Cr apresentou teores diferentes ($p < 0,000001$) em função das áreas estudadas, sendo os maiores teores observados em AN, conforme pode ser visualizado na Figura 5.

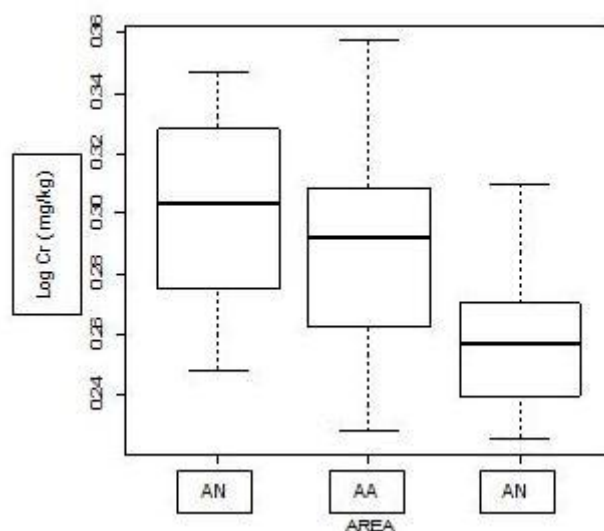
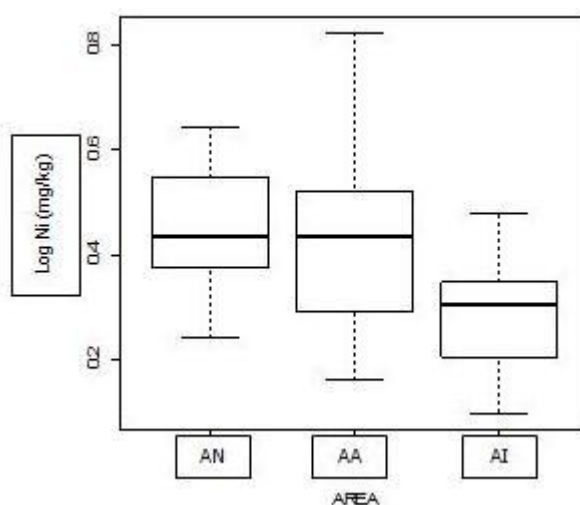


Figura 5 Boxplot dos teores de Cr no solo das áreas natural (AN), área ativa (AA), e inativa (AI) do Lixão de Cáceres-MT (A barra negritada no interior dos boxplot representam a média dos teores; $n = 12$).

Assim como o Cr, foi observado também o mesmo comportamento para o Ni ($p = 0,0002693$), sendo os maiores teores verificados em AN e AA, conforme Figura 6.

Figura 6 Boxplot dos teores de Ni no solo das áreas natural (A1), área ativa (AA), e inativa (AI) do Lixão de Cáceres-MT (A barra negritada no interior dos boxplots representam a média dos teores; $n = 12$).



Os teores de matéria orgânica (Figura 7) em AN foram maiores em relação às demais áreas ($p = 0,0002587$). Essa área apresenta cobertura

vegetal nativa, fator que contribui para preservação dos teores de matéria orgânica no solo. Apesar da deposição de lixo na área ativa, inclusive com uma média de 24/ton/dia de lixo orgânico, a movimentação e o revolvimento do solo para escavação e aterramento provavelmente está reduzindo a proteção física da matéria orgânica do solo (OLIVEIRA et al., 2004), bem como favorecendo a sua decomposição.

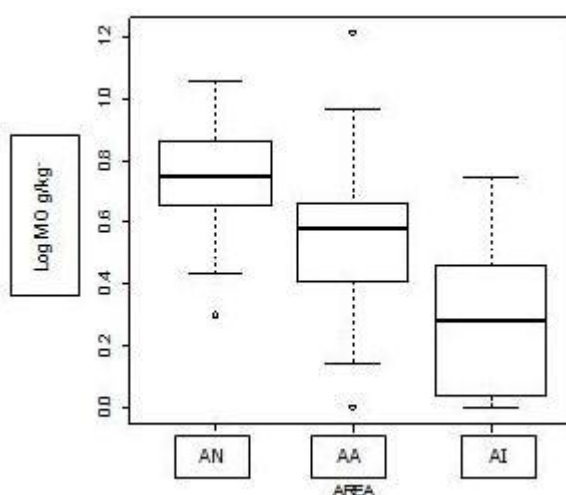


Figura 7 Boxplot dos teores de matéria orgânica (MO) no solo das áreas natural (AN), área ativa (AA), e inativa (AI) do Lixão de Cáceres-MT (A barra negrita no interior dos boxplots representam a média dos teores; n = 12).

A capacidade de troca de cátions (CTC) é um atributo que interfere na mobilidade dos metais (ZANCHETTA, 2007), pois quanto maior a CTC maior a quantidades de sítios disponíveis para a retenção dos metais catiônicos. As amostras analisadas apresentaram baixos valores de CTC_{pH7} , ficando o valor médio entre 6,96 a 7,52 $cmol_c\ dm^{-3}$ (Tabela 3), enquanto a CTC_{efe} apresentou valores médios entre 1,39 a 2,15 $cmol_c\ dm^{-3}$.

Tabela 3 Valores médios de alguns atributos químicos do solo da Área Natural, Área Ativa e Área Inativa.

Atributos	Área Natural		Área ativa		Área Inativa	
	0-0,2 m	0,2-0,4 m	0-0,2 m	0,2-0,4 m	0-0,2 m	0,2-0,4 m
pH água	5,52	5,31	5,59	5,22	5,42	5,72
MO (g kg ⁻¹)	34,15	36,38	35,90	37,98	39,13	38,73
P (cmol _c dm ⁻³)	1,36	1,43	1,79	0,55	1,56	2,55
K (cmol _c dm ⁻³)	65,52	54,93	78,13	60,65	48,47	83,02
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,46	0,20	0,55	0,36	0,22	0,46
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,64	0,46	0,51	0,31	0,36	0,39
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,68	1,48	0,60	1,00	1,00	0,55
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	6,23	5,99	6,46	6,30	6,52	6,66
Soma Bases (cmol _c dm ⁻³)	1,27	0,81	1,26	0,82	0,70	1,06
CTC _{efe} (cmol _c dm ⁻³)	1,94	2,29	1,86	1,82	1,70	1,61
CTC _{pH 7} (cmol _c dm ⁻³)	7,50	6,80	7, 72	7,12	7,22	7,72
V (%)	16,63	11,78	15,43	11,29	9,61	13,27
m (%)	35,77	65,08	36,02	52,95	59,10	35,29

Os valores da CTC_{efe}, (Figura 8) apresentaram diferenças significativas ($p = 0,01007$), tendo AN apresentado valores maiores em relação AA e AI, que foram estatisticamente iguais. Esse fato se deve a maior quantidade de matéria orgânica em AN. Em solos tropicais e subtropicais a matéria orgânica é a principal fornecedora de cargas negativas para o solo, com grande importância na retenção de cátions (SANTOS, 2006). Esse autor ressaltou, ainda, que a degradação da matéria orgânica, em condições inadequada de manejo é rápida e vem acompanhada de processo de deterioração das características químicas físicas e biológicas do solo.

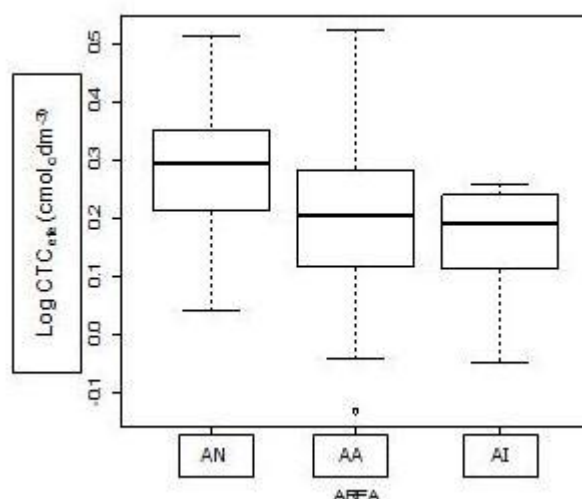


Figura 8 Boxplot dos valores da CTC_{efe} no solo das áreas natural (AN), área ativa (AA) e inativa (AI) do Lixão de Cáceres-MT (A barra negritada no interior dos boxplots representam a média dos teores; n = 12).

Os resultados da CTC são indicativos que esse solo apresenta baixa adsorção de cátions metálicos, como o Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ni etc. A baixa capacidade de adsorção de cátions do solo do lixão pode aumentar a mobilidade dos metais na fase líquida, o que maximiza a contaminação dos aquíferos, pelos metais presentes nos resíduos sólidos adicionados no lixão, haja vista a baixa CTC do solo da área.

Os valores médios do pH nas áreas variaram entre 5,31 e 5,72. Nesse sentido, Chaves (2009) relatou que o Cr em valor de pH 5,5, se encontra praticamente todo precipitado, sendo seus compostos considerados muito estáveis no solo. Por outro lado, o Cr^{6+} é muito instável em solos e é facilmente mobilizado em meio ácido ou alcalino. Enquanto a adsorção do Cr^{6+} diminui com o aumento do pH a adsorção do Cr^{3+} aumenta (GUILHERME et al., 2005). Neste estudo, observou-se uma correlação positiva ($p = 0,03095$; $r = 0,58$) estabelecida entre os teores de Cr e o pH do solo, como ilustra a Figura 09.

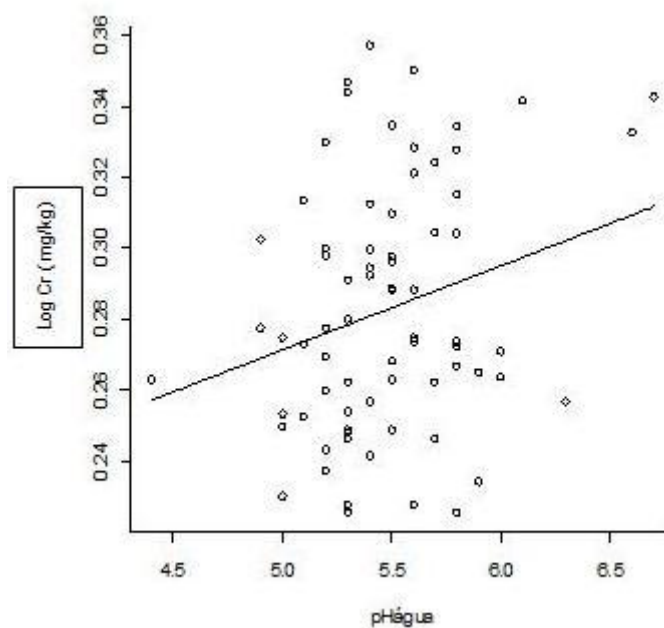


Figura 09 Correlação entre o s valores de pH em água e os teores de Cr do solo da área do Lixão de Cáceres-MT.

Com exceção do Ni (Figura 10), não houve diferença entre os teores dos metais quando se considera as duas profundidades avaliadas.

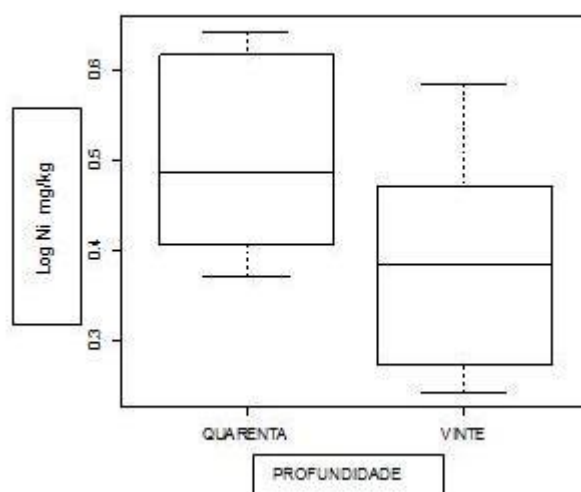


Figura 10 Boxplot dos teores de Ni no solo da área natural (AN) nas profundidades 0-0,2 e 0,2-0,4 m do Lixão de Cáceres-MT. ($p = 0,0083$)

A diferença observada pode estar relacionada principalmente ao teor de argila encontrado nas camadas mais profunda do perfil do solo, contribuindo para retenção desse metal (OLIVEIRA e JUCÁ, 2004).

A saturação por bases foi muito baixa em todas as áreas, conforme critérios de Alvarez V. et al. (1999), evidenciando pobreza do material de origem em cátions básicos ou intensa lixiviação de bases. Em decorrência disso a saturação por cátions ácidos é elevada nas três áreas, conforme pode ser visualizado na figura 11.

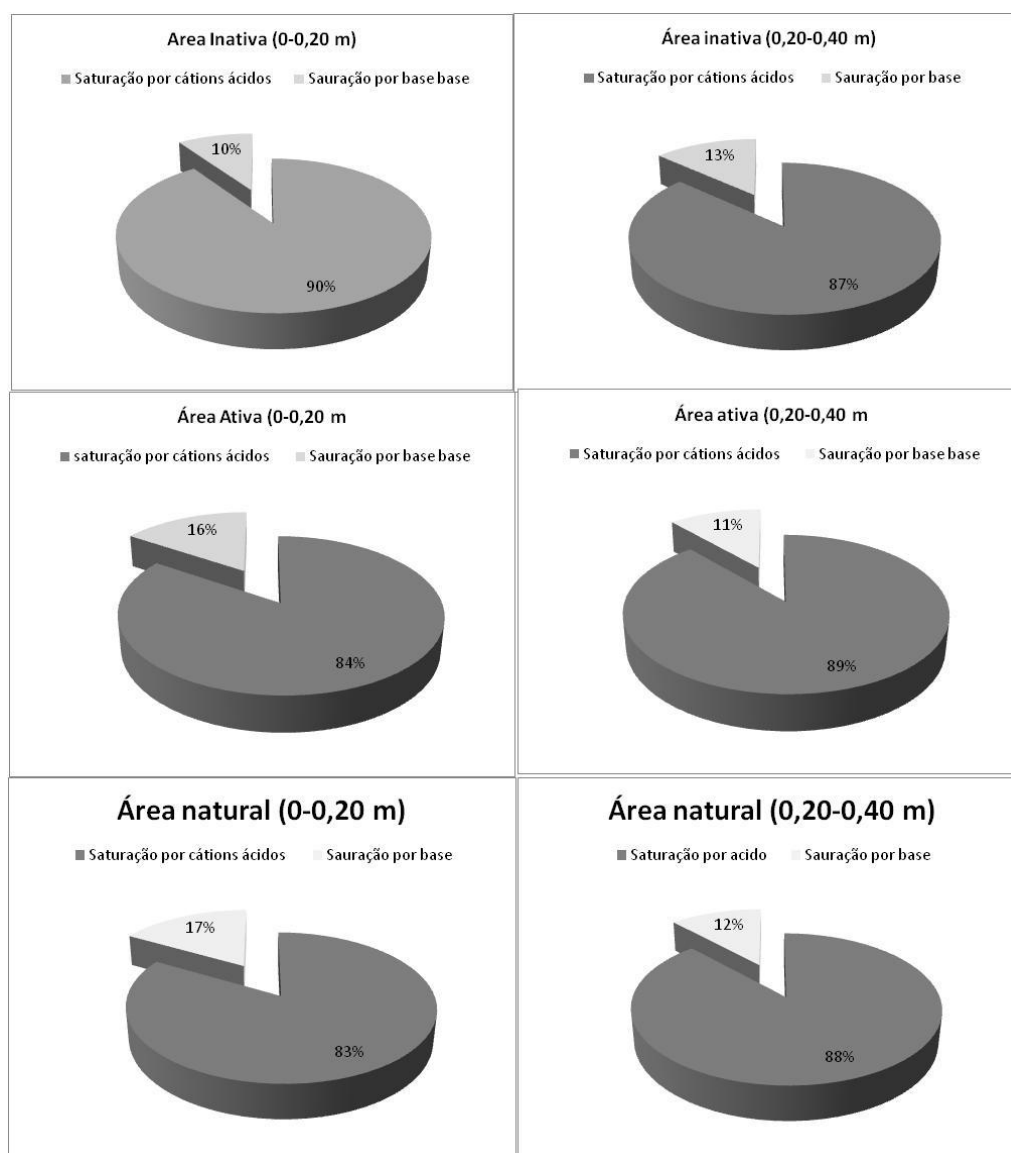


Figura 11 Proporção da CTC a pH 7,0 ocupada por cátions ácidos e cátions básicos do solo das áreas natural (AN), área ativa (AA) e inativa (AI).

Conforme Figura 12, a acidez potencial (H+Al) foi maior na área inativa (AI), apresentando diferenças significativas ($p = 0,000035$), entre as áreas.

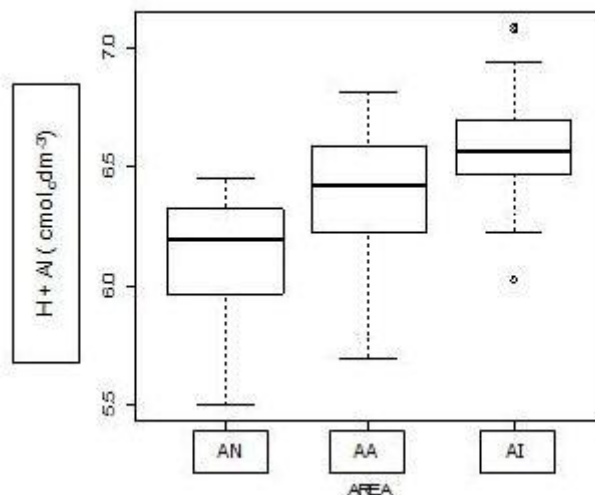


Figura 12 Boxplot dos valores da acidez potencial no solo das áreas natural (AN), área ativa (AA) e inativa (AI) do Lixão de Cáceres-MT (A barra negritada no interior dos boxplots representam a média dos teores; $n = 12$).

CONCLUSÕES

Verificou-se que os teores de metais pesados no solo do lixão de Cáceres estão abaixo dos limites de referência estabelecidos para solos do estado de São Paulo.

Os baixos teores encontrados possivelmente estejam relacionados ao intemperismo do material de origem.

A natureza arenosa dos solos da área do lixão possibilita baixa capacidade de retenção dos metais catiônicos, tornando-a inadequada para depósitos de resíduos sólidos urbanos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos sólidos urbanos neste município é uma questão que deve ser levada como prioridade na gestão pública, visando minimizar possíveis

prejuízos e contribuir para uma melhor qualidade de vida da população e sustentabilidade ambiental.

A caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do município de Cáceres-MT resultou em informações importantes, como a produção qualitativa e quantitativa do lixo, essenciais em planos que visam o gerenciamento adequado dos RSU. É fundamental a elaboração de um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos que contemple desde a coleta seletiva, mecanismos de reciclagem a uma disposição final adequada em aterro sanitário, e ainda utilizando ferramentas chaves como a Educação Ambiental, capaz de sensibilizar a população para condutas e comportamentos que contribuam para o funcionamento adequado do sistema implantado, tendo sempre em vista o correto manejo ambiental.

Uma vez que não é feita a separação entre os resíduos recicláveis e a matéria orgânica dos RSU, o volume de material depositado no lixão aumenta consideravelmente, reduzindo a vida útil do local de disposição. A separação do material reciclável dos resíduos reverteria em ganhos financeiros para o município e para a população, uma vez que aumentaria sua arrecadação com a comercialização dos mesmos.

Apesar do lixão receber uma grande quantidade diária de lixo diária (39 toneladas), não foi identificada contaminação do solo por metais pesados. Todavia, na ocasião das amostragens e no local de disposição final, verificou-se a presença de todos os tipos de resíduos que potencialmente agregam em sua composição, os metais traços analisados. Mesmo sendo depositados em pequenas quantidades, esse fator pode se tornar um agravante a longo prazo, tendo em vista a característica não biodegradável e acumulativa desses elementos.

Além da quantidade de lixo e o tipo de materiais desprezados, o tempo de uso é um fator determinante no comprometimento do solo em áreas de lixões. O lixão de Cáceres tem cerca de 10 anos de uso, período pequeno, se comparado à outros lixões no Brasil que apresentam sérios problemas de contaminação, devido a longos períodos de ocupação para essa atividade de descarte.

É notória a possibilidade de comprometimento e contaminação do solo por metais pesados, diante da disposição inadequada. Em Cáceres verificou-se que os teores desses elementos no solo do lixão estão abaixo dos limites de referência de qualidade estabelecidos, e provavelmente os que foram encontrados estejam relacionados ao intemperismo do material de origem, considerando a formação geológica do local. Todavia a natureza arenosa dos solos da área faz os mesmos apresentarem baixa capacidade de retenção dos metais catiônicos, o que pode favorecer a lixiviação desses poluentes.

Diante dos resultados apresentados nesse estudo, que em suma aponta para um descaso com os recursos naturais e a qualidade de vida, propõe-se que sejam retomadas as obras para implantação do aterro sanitário, como forma de manter um local adequado, do ponto de vista sanitário e ambiental, para disposição dos RSU de Cáceres-MT, e que o mesmo seja em área apropriada e com anuência e critérios estabelecidos pelos órgãos ambientais. É importante que essa implantação faça parte de um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos que incorpore, promova e fomente a coleta seletiva, como uma ferramenta que venha a favorecer a implantação de usinas de reciclagem e compostagem, haja vista o mesmo estudo ter verificado a viabilidade das mesmas, numa perspectiva ambiental e econômica para o município.

A disposição incorreta ou o manuseio indevido de resíduos sólidos podem gerar sérios problemas para o ambiente, inclusive provocando grande impacto nas águas subterrâneas, devido a percolação do chorume. Estudos de poluição das águas subterrâneas mostram que todo lixão provoca algum tipo de comprometimento negativo nas mesmas. Nesse caso é cabível e recomendado, que seja realizado um monitoramento das águas superficiais e subterrâneas na área de abrangência do lixão de Cáceres-MT. Nesse mesmo contexto, sugere-se que sejam analisadas camadas mais profundas dos solos da área, tendo em vista haver indícios de um processo de lixiviação.

A recuperação de áreas degradadas por disposição de lixo é uma atividade que tem sido cada vez mais empregada no Brasil, apesar de pouco discutida. É notória a necessidade de intervir na área do lixão de Cáceres-MT,

com o intuito de encerrar a sua operação, requalificando-o ambientalmente ao espaço onde está inserido, reduzindo os impactos ambientais negativos sofridos pela área e dando-lhe outra finalidade. Nesse sentido recomenda-se um Plano de Gestão Ambiental para o local, num âmbito multidisciplinar, que vise a recuperação do mesmo, promovendo a reinserção dessa área recuperada na vida social da comunidade.

Por fim, almeja-se que o uso e a ocupação do solo desse local sejam de forma sustentável, visando sua preservação, tendo em vista o importante papel que o mesmo desempenha no ambiente, e principalmente a qualidade da saúde ambiental e humana, não dissociada desse contexto.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, 2004. 83 p.
- ABREU, C. C.; ABREU, M. F. BERTON, R. S. Análise química de solo para metais pesados. In: ALVAREZ V., V. C. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 645-692.
- ALCÂNTARA, Arleme Janissara de Oliveira. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MT**. 2010. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2010.
- ACCIOLY, A.M.A; SIQUEIRA, J.O. Contaminação Química e Biorremediação do Solo. In:NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V.C. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 300-307.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F de; BARROS, N. F. ; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V., H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1999. p. 25 -32.
- ANDRADE, F.V. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II - formas e Disponibilidade para plantas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1889-1897, 2009.

ATSDR- Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2007. **Priority List of Hazardous Substances.** Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/07list.html>>. Acesso em 05 fev. 2010.

BARBOSA, R. M.; OTERO, O. M. F.; ARGÔLO, J. L.; QUEIROZ, A. F. S.; SANTOS, V. C. S.; OLIVEIRA, O. M. C. O chorume dos depósitos de lixo: composição, evolução, diluição, extensão, processos, poluição e atenuação. **Tecbahia**, Salvador, ano 14, n. 1, p. 212-224, 2000.

BARRA, C. M.; SANTELLI, R. E.; ABRÃO, J. J.; LA GUARDIA, M. Especificação de arsênio – uma revisão. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.1, p.58-70, 2000.

BECK, M. H. **Investigação de área degradada pela disposição de resíduos sólidos urbanos no município de Passo Fundo.** 2005. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

BORGES, A. L.; SOUZA, S. L.; CORDEIRO, J. M. Atributos químicos no perfil de solos cultivados com bananeira sob irrigação, em áreas de produção integrada no sudoeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória. **Resumos...** Vitória: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008.

CAMPOS, M. L.; GUILHERME, L. R. G. ;LOPES, R. S.; ANTUNES, A. S.; MARQUES, J. J. G.; CURI, N. Teor e capacidade máxima de adsorção de arsênio em latossolos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1311-1318, 2007.

CARDOSO, P.; LIMA, P.; BAHIA, M.; AMORIM, M.; BURBANO, R.; FARIAS, R. 2002. Efeitos biológicos do mercúrio e seus derivados em seres humanos—uma revisão bibliográfica. **Laboratório de Citogenética Humana do Departamento de Biologia do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará.** Disponível em: <http://www.facome.uqam.ca/pdf/cardoso_2002.PDF>. Acesso em 06 out. 2009.

CASARINI, D. C. P.; LEMOS, M. M. G. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para os solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2001.73 p.

CASARINI, D. C. P.; LEMOS M. M. G.; GARCIA, L. P. **Prevenção e controle da poluição do solo e das águas subterrâneas.** São Paulo: CETESB, 2004. 354 p.

CASTILHOS JR., A. B (Coord.). **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003. 294 p.

CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B.; MUÑOZ, S. I. S. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.23, n. 4, p. 939-947, abr. 2007.

CETESB – Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. Decisão da Diretoria nº 195/2005. **Valores orientadores para solos e águas subterrâneas do estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2005,4p.

Disponível em:
 <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em: 23/07/2009.

CHAGAS, W. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da Ilha do Governador e da Penha no estado do Rio de Janeiro**. 2000.142 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública)- Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2000.

CHAVES, E. V., SANTANA, G. P. 2009. Comportamento dos metais pesados Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn em solos contaminados do aterro sanitário e Pólo Industrial de Manaus. **Revista Acta Amazônica**, Manaus, Abril, 2009.

COSTA, F.X.; SEVERINO, L.S. BELTRÃO, N.E.M.; FREIRE, R.M.M.; LUCENA, A.M.A.; GUIMARÃES, M.M.B. Composição química da torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. - **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

DACACH, S.; ZVEIBIL, Z. V., SEGALA, K. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na Amazônia**: como lidar com o lixo de maneira adequada. Rio de Janeiro: IBAM, 2003. 53p.

DAMASCENO, S. **Remoção de metais pesados em sistemas de tratamento de esgoto sanitário por processo de lodo ativado e por um reator compartimentado anaeróbio**. 1996. 141f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análises de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro : Embrapa, 1997. 212 p.

FADIGAS, F.S.;SOBRINHO, N. M. B. A; MAZUR, N.; ANJOS, L. H. C.;FREIXO, A. A. 2002. Concentrações naturais de metais pesados em algumas classes de solos brasileiros. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p.151-159, 2002.

GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P. ; QUEIRÓZ, Z.; CAMPOS, M. L. ; MARCHI. G. Elementos-traço em solos, sedimentos e nas águas. In: **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, p. 345-390.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

JUCÁ, J. F. T. Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, 5., 2003, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: REGEO, 2003. p. 443-470.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plant**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413p.

KORF, E. P. ;MELO, E. F. R. Q.; THOMÉ, A.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Retenção de metais em solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Passo Fundo–RS. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.2, n.2, p. 43-60, 2008.

LADEIRA, A. C. Q.; CIMINELLI, V. S.; NEPOMUCENO, A. L. Seleção de solos para a imobilização de arsênio. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.55, n.3, p. 215-221, 2002.

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**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

LINHARES, D. P.; SILVA, J. M.; GOMES, J. P. O. ; LIMA, T. R.; ALMEIDA, R.; BASTOS, W. R. Mercúrio em diferentes tipos de solos marginais do baixo rio Madeira – Amazônia ocidental. **Revista Geochimica Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 23, n.1, p. 117-130, 2008.

MAVROPOULOS, E. **A hidroxiapatita como absorvedor de metais**. 1999. 126 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <<http://portalteses.icict.fiocruz.br/pdf/FIOCRUZ/1999/mavropoulem/capa.pdf>>. Acesso em: 20 set 2009.

MEDEIROS, C. P. S. Hipóteses sobre os impactos ambientais dos estilos de desenvolvimento na América Latina a partir dos anos 50. **Série Meio Ambiente em Debate**, Brasília, v. 29, p.15-19, 1999.

MELO, E.F. R.Q.; CORONETTI, L.; GARBIN, C.; FIORI, A.; THOMÉ, A; SCHENEIDER, I. A. H. Contaminação provocada por resíduos sólidos urbanos na área do aterro invernadinha – Passo Fundo, RS. **Bragantias**, Campinas, v. 51, n. 2, p.141-148, 2001.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ambiente urbano. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, p 111-124, 2008.

MUÑOZ, S. I. S. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002. 159 f. Tese (Doutorado em Enfermagem/Saúde Pública) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

NEVES, S. M. A. S.; Campos, J. M.; Neves, R. J. ; Casarin, R.; Cochev, J. S . Geração de informações através das geotecnologias para subsidiar a atividade turística na área da Ponta do Morro – Cáceres, MT. SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. **Anais...** Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. p. 187-193.

OLIVEIRA, C. **Avaliação do potencial de contaminação de dois solos agrícolas com lodo de esgoto enriquecido com cádmio, chumbo e zinco**. 1998. 191 f. Tese (Doutorado em Ciência do solo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

OLIVEIRA, F. J. S.; JUCÁ, J. F. T. 2004. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula

de um aterro de resíduos sólidos. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9, n.3, p. 211-217, 2004.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 574 p.

OLIVEIRA, S. **Avaliação da qualidade da água subterrânea a jusante do depósito de resíduos sólidos municipais de Botucatu/SP**. 2001. 232 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2001.

PIERANGELI, M. A. P.; GUILHERME, L. R. G.; OLIVEIRA, L. R.; CURI, N.; SILVA, M. L. N. 2001. Efeito da força iônica da solução de equilíbrio sobre a adsorção/dessorção de chumbo em Latossolos brasileiros. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.8, p.1077–1084, 2001.

PIERANGELI, M. A. P. ; GUILHERME, L.R.G. ; OLIVEIRA, L. R. ; CURI, N. ; SILVA, M. L. N. . Efeito da força iônica da solução de equilíbrio na adsorção de cádmio em Latossolos brasileiros. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 737-745, 2003.

PIERANGELI, M. A. P.; EGUCHI, E. RUPPIN, R. F.; COSTA, R. B. F.; VIEIRA, D. F. Teores de As, Pb, Cd e Hg e fertilidade de solos da região do Vale do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso. **Revista Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 1, p. 61–70, 2009.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

ROCCA, A.C.C., IACOVONE, A.M.M.B., BARROTTI, A.J., CASARINI, D.C.P., GLOEDEN, E., STRAUS, E.L., ROMANO, J.A., RUIZ, L.R., SILVA, L.M., SAITO, L.M., PIRES, M.C., LEÃO, M.L.G., NETO, P.P. DE C., COLLUCCI, R., CUNHA, R.C.A. **Resíduos sólidos industriais**. 2.ed. São Paulo: CETESB, 1993. 234 p.

ROCHA, A. A.; PEREIRA, D. N.; PADUA, H. B. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 19, n.5, p. 401-410, 1985.

SAKUMA, A. M.; CAPITANI, E. M.; TIGLEA, P. Arsênio. In: AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A. A. M. (Eds.). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 203-238.

SÁNCHEZ, L. E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2001. 256 p.

SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I.; CORREA, R. S.; JUNIOR, A. F. C. Nutrientes e metais no solo e em árvores de cerrado adjacentes a um aterro sanitário. **Revista Cerne**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 212-219,. 2008.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRELAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

SANTOS, P.C.V. **Estudo da contaminação de água subterrânea por percolado de aterro de resíduos sólidos - Caso Jockey Club - DF.** Brasília, 1996, 135 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

SANTOS, R. D. ; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5. ed. rev. e aum. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005. 100 p.

SANTOS. M. L. **Dinâmica da matéria orgânica e destino dos metais pesados em dois solos submetidos a adição de lodo de esgoto.** 2006. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências- Química analítica)-Instituto de química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

SCHNEIDER, P.; KLAMT, E.; GIASSEN, E. **Morfologia do solo:** subsídios para caracterização e interpretação de solos a campo. Agrolivros: Guaíba, 2007. 72 p.

SEMA- Secretaria de Estado de Meio Ambiente-MT. Cuiabá, 2009.

SERRA, V.; GROSSI, M.; PIMENTEL, V. **Lixão, aterro controlado e aterro sanitário.** Botucatu: UNESP, 1998.

SISINNO, 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. **Cadernos de Saúde Pública**, São Paulo, v. 12, n.4, p. 515-523, 1996.

SOUZA, C. A. **Bacia hidrográfica do córrego Piraputanga: (MT): avaliação da dinâmica atual.** 1998.117p. Dissertação (Mestrado em Geociências)- Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

SUSUKI, E. Y.; TAIOLI, F.; RODRIGUES, C. L. Avaliação do comportamento geoquímico do solo da região do lixão de Ilha Bela-SP. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v.19, n. 2, p.67-76, 2005.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo.** 6. ed. Andrei. São Paulo, 2007. 718p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Background report on fertilizer use, contaminants and regulations.** United States Environ. Protec. Agency Office of Pollution Prevention and Toxics. EPA, 747-R-98-003, 1998.

VIANA, E. **Resíduos alimentícios de lixo domiciliar, processamento, caracterização e avaliação da viabilidade como ingrediente para ração de frangos de corte.** 1999. 217f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e saneamento) -Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

ZANCHETTA, G. S. B. **Avaliação do grau de poluição do solo, águas, plantas e resíduos sólidos do lixão Linha Rincão do Engenho de Lagoa Vermelha, RS.** 2007. 149 f. Dissertação (Mestrado em Infra Estrutura e Meio Ambiente) – Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2007.

ANEXOS

Anexo A- Resultado das Análises realizadas pelo Laboratório Exata, em Jataí-GO

APÊNDICES

Apêndice A- Programação para caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos da cidade de Cáceres-MT.

Apêndice B- Descrição das características morfológica do perfil do solo de uma área de vegetação nativa, adjacente ao lixão de Cáceres-MT.