

III-077 - ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM LOCAL DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE

Bruna Fernanda Faria Oliveira⁽¹⁾

Professor Adjunto III da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Itajubá. Mestre e Doutora em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP).

Daniela Alves Rezende⁽²⁾

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Uberlândia e em Engenharia Ambiental pela Faculdade Pitágoras de Uberlândia. Especialista em Gestão Ambiental e Sustentabilidade pela Faculdade Pitágoras de Uberlândia. Mestre em Qualidade Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia. Professora do Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade Pitágoras de Uberlândia.

Cláudio Oliveira Rocha

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia

Mariana Araújo Alves¹

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia

Endereço^(1,2): Instituto de Ciências Agrárias – ICIAG - Rodovia BR 050 KM 78 CEP: 38410-337 Campus Glória UFU, Bloco:CCG, Sala:1C 309 - Tel: (34) 2512-6735 - e-mail: bruna.faria@ufu.br

RESUMO

No Brasil, 42% dos resíduos sólidos coletados são descartados de forma inadequada, causando impactos ambientais adversos. Diante dessa situação, o presente trabalho teve como objetivo analisar se um local com disposição final ambientalmente inadequada de resíduos em município de pequeno porte pode provocar alteração na qualidade do solo do seu entorno. Assim, utilizou-se o município de Tupaciguara/MG como referência e foram realizadas três amostragens compostas nos meses de fevereiro, julho e novembro de 2017 e as amostras foram coletadas dentro do local de disposição final e uma área de vegetação nativa próxima. As amostragens ocorreram nos meses de fevereiro, julho e novembro de 2017. A extração de inorgânicos foi realizada de acordo com USEPA 3050B para determinação das concentrações dos elementos por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma (ICP-OES). Os resultados demonstraram que para os elementos cobre (Cu), chumbo (Pb) e zinco (Zn) ocorreu uma variação de concentração significativa entre a área de vegetação nativa (VN) e local de disposição final (DF), o que pode associar à presença dos resíduos no local. A concentração do elemento zinco ultrapassou o valor de referência de qualidade imposto pela legislação. No mais, dentro da área de disposição final, a média da concentração do elemento zinco superou os valores de referência de qualidade do solo, o que ressalta a importância de ações de gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em municípios de pequeno porte.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos urbanos, metais potencialmente tóxicos, disposição final de resíduos sólidos, contaminação ambiental

INTRODUÇÃO

A crescente industrialização, urbanização e o aumento do poder aquisitivo da população provocam maior consumo e consequentemente maior geração dos subprodutos ou rejeitos (DIAS et al., 2012). Frente a essa nova realidade, diversos municípios têm enfrentado dificuldades na disposição final desses materiais e acabam dispondo-os em locais sem critérios de segurança e proteção ambiental (LIMA, 2017).

No Brasil a Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS estabelece que a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos devem priorizar a não geração, seguida da redução, reutilização, tratamento e, em último caso, a disposição final ambientalmente adequada. Entende-se por disposição final ambientalmente adequada os aterros sanitários que são obras projetadas com a finalidade de confinar os rejeitos no solo no menor volume possível e com medidas de proteção ambiental como impermeabilização de base e sistemas de coleta e tratamento de chorume (PIRETE, OLIVEIRA, VASCONCELOS; 2014).

No entanto, 42% dos resíduos sólidos coletados no país ainda são descartados em lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2016), que são locais que não seguem parâmetros e critérios de proteção à saúde e ao meio ambiente, o que pode ocasionar contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas. Entre os principais elementos relacionados à contaminação em locais de disposição final de resíduos sólidos estão chumbo, cádmio, cobre, zinco, níquel e outras substâncias tóxicas como o lítio (CARVALHO, 2001; IPT, 2010).

Esses elementos potencialmente tóxicos são associados à presença de produtos como lâmpadas, pilhas e baterias, eletrônicos, dentre outros (MARQUES; SILVA, 2011). Esses produtos frequentemente são destinados de maneira incorreta e acabam sendo encontrados em áreas de disposição final de resíduos (MOURA, 2012; RAJOVIC, 2016). Além disso, em locais de disposição final de resíduos sólidos, há um incremento de matéria orgânica, já que é a fração mais representativa dos resíduos sólidos urbanos gerado no Brasil (SINIR, 2012). A matéria orgânica é fonte de nitrogênio e outros elementos essenciais para as plantas como fósforo, magnésio, enxofre e micronutrientes como cobre, manganês e zinco (LOPES, 1988), que em excesso podem provocar alterações na qualidade do solo.

Esse cenário vem motivando inúmeros estudos sobre contaminação do solo. Nos Estados Unidos e países da União Europeia são frequentes estudos que demonstram o efeito na contaminação do solo de antigas áreas de disposição de resíduos sólidos e que já tiveram suas atividades encerradas (PASTOR, HERNÁNDEZ, 2012; WANG et al, 2016). Estudos semelhantes vem sendo desenvolvidos no Brasil, Índia e China (MARQUES; SILVA, 2011; OLIVEIRA, 2012; SAMADDER, 2016; RONG et al, 2015). Entretanto esses estudos são menos frequentes para municípios de pequeno porte, onde a quantidade de resíduos aterrada é relativamente pequena, mas predominam sistemas inadequados de disposição final.

De acordo com a Resolução CONAMA 460 de 2013 contaminação é “a presença de substância(s) química(s) em concentrações tais que restrinjam a utilização do recurso ambiental para os usos atual ou pretendido” (CONAMA, 2013). A legislação nacional estabelece valores orientadores para enquadrar determinada área como contaminada ou não contaminada. Esses valores funcionam como instrumentos de controle da contaminação.

O Valor de Referência de Qualidade – VRQ, por exemplo, é a concentração da substância que define a qualidade natural do solo, já o Valor de Investigação - VI é a acima da qual existem riscos potenciais à saúde humana (CONAMA nº 460, 2013). Em Minas Gerais esses valores são definidos pela Deliberação Normativa COPAM nº 166, de 29 de junho de 2011, os valores encontram-se apresentados no Quadro 1.

QUADRO 1 - Valores orientadores do solo conforme a DN COPAM nº 166 (2011)

SUBSTÂNCIA	VRQ (mg/Kg)	VP (mg/Kg)	VI (mg/Kg)		
			Agrícola	Residencial	Industrial
Chumbo (Pb)	19,50	72,00	180,00	300,00	900,00
Cobre (Cu)	49,00	60,00	200,00	400,00	600,00
Níquel (Ni)	21,50	30,00	70,00	100,00	130,00
Zinco (Zn)	46,50	300,00	400,00	1000,00	2000,00

Legenda: VRQ – Valor de Referência de Qualidade, VP – Valor de Prevenção e VI – Valor de Investigação, - dado não existe.

Fonte: Adaptado Resolução COPAM 166 (2011)

Uma área é considerada contaminada se as concentrações de elementos ou substâncias estiverem acima do valor de intervenção (CONAMA, 2009). Caso esse limite seja ultrapassado, há um risco potencial, havendo necessidade de uma investigação detalhada e a adoção de medidas emergenciais visando a restrição do acesso de pessoas à área, suspensão do consumo de água subterrânea e recuperação ambiental do local (OLIVEIRA, 2012).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o nível de contaminação do solo na área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Tupaciguara, MG.

METODOLOGIA

LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido em Tupaciguara/ MG, um município de pequeno porte localizado na região do Triângulo Mineiro, que possui uma população estimada para 2017 de 25.538 habitantes (IBGE, 2017). A atividade econômica que mais tributa para o PIB municipal é o setor de serviços, seguido pela agropecuária e indústria. Os principais produtos agrícolas são a soja, o milho, a cana de açúcar e o abacaxi (IBGE, 2010). Segundos dados do último censo do IBGE (2010), possui taxa de urbanização, que é o percentual da população que reside na zona urbana, de 91,13%.

No mais, Tupaciguara está localizada sob a Bacia Sedimentar do Paraná que apresenta arenitos intercalados com derrames de rochas magmáticas. Assim, as principais classes de solo encontradas no município são o argisolo vermelho e latossolo vermelho, predominando o último (PMSB, 2015). Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) relativo ao ano de 2015, a coleta de resíduos sólidos urbanos é do tipo porta-a-porta e abrange toda área urbana do município, sendo 50,0% da população atendida com coleta diária dos RSU (SNIS, 2016).

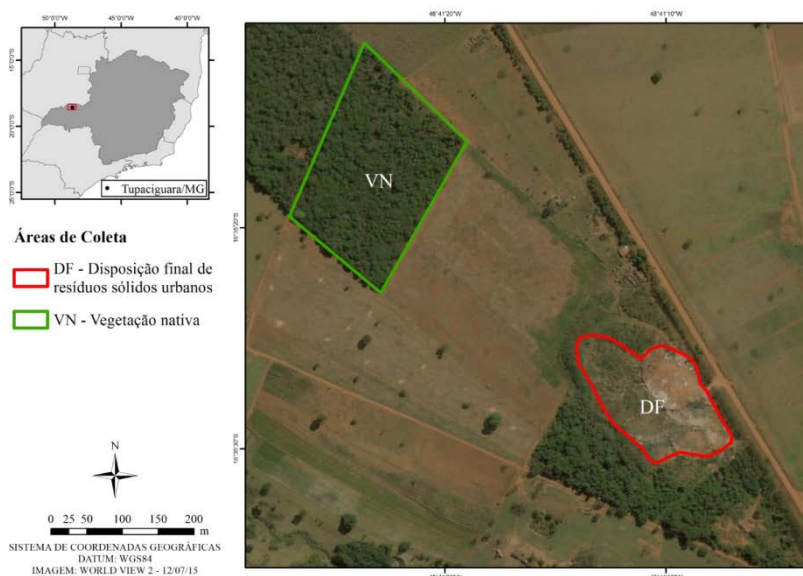
Dentre os resíduos enquadrados como especiais, apenas os resíduos pneumáticos são destinados corretamente. Não existe registro sobre o manejo e destinação final dos demais resíduos especiais no município e não há legislação municipal estabelecendo a prática de logística reversa (PMSB, 2015).

Tupaciguara não possui aterro sanitário e os resíduos sólidos urbanos coletados são destinados para um lixão, ou seja, de forma inadequada pela PNRS. A referida área possui 7,08 hectares e está distante três quilômetros da rodovia MG 223 (PMSB, 2015). Não foram encontradas informações documentais referente à quantidade de tempo que esse local é utilizado pela prefeitura para disposição dos resíduos sólidos do município. Entretanto, sabe-se que em 2005 foram realizadas adequações na área para adequá-la como aterro controlado e os resíduos começaram a ser recobertos com solo e resíduos da construção civil (MARQUEZ, 2008).

AMOSTRAGEM E ANÁLISES DO SOLO

A amostragem de solo foi realizada no interior da área de disposição final (DF) que recebe os resíduos do município e em uma área de vegetação nativa (VN) localizada a cerca de 400 metros do local de disposição final de resíduos sólidos (Figura 1).

Figura 1 - Mapa do local de disposição final de resíduos sólidos.



O objetivo em amostrar o solo de um remanescente de vegetação nativa foi obter uma área controle com a menor interferência antrópica possível. Assim, dentro do mosaico de paisagens da área estudada, o local escolhido é o fragmento vegetal mais representativo. Essa área localiza-se a cerca de 400 metros do centro do

local de disposição final de resíduos sólidos, consiste em uma área preservada de vegetação nativa onde não são desenvolvidas atividade agrosilviopastoris e não é influenciada pelo escoamento superficial do local de disposição final de resíduos sólidos por possuir uma altitude superior.

Para a determinação da concentração dos elementos potencialmente tóxicos as amostras foram coletadas a uma profundidade de 0 a 20 cm com o auxílio de um trado holandês e acondicionadas em sacos plásticos identificados. Foram realizadas coletas no mês de fevereiro, julho e novembro de 2017.

A digestão das amostras do solo para determinação dos metais foi realizada conforme o método de solubilização ácida SW 3050B da Agência Ambiental Norte Americana (USEPA, 1996). Esse procedimento de digestão ácida forte solubiliza os elementos da amostra. O material digerido foi encaminhado para o espectrofotômetro de emissão atômica com fonte de indução de plasma acoplado - ICP-OES do Laboratório de Qualidade Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia onde foi realizada a quantificação dos elementos químicos de interesse do projeto.

Para cada ponto amostrado as análises foram realizadas em triplicata, bem como o branco do processo de digestão das amostras.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias, utilizando-se o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os metais Cu, Ni, Pb e Zn são comumente encontrados em locais de disposição final de resíduos sólidos urbanos (MARQUES, SILVA, 2011; PASTOR, HERNÁNDEZ, 2012; SAMADDER, 2016; SOUSA, ROESER, MATOS, 2002) e por isso escolhidos para serem apresentados no presente estudo.

A média das concentrações dos elementos no solo amostrado tanto no local de disposição final de resíduos sólidos quanto na área de vegetação nativa encontram-se apresentados na Tabela 2. O dado em destaque (negrito) refere-se ao valor superior ao Limite de Referência de Qualidade - VRQ estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM nº 166, de 29 de junho de 2011 para o Estado de Minas Gerais (COPAM, 2011).

Tabela 2 – Concentração média no local de disposição final de resíduos sólidos e na área de vegetação nativa.

	Concentração média (mg.Kg ⁻¹)							
	Cobre		Chumbo		Níquel		Zinco	
	DF	VN	DF	VN	DF	VN	DF	VN
Média	48,05	21,54	12,09	6,08	14,32	11,23	86,61	23,38
VRQ	49,00		19,50		21,50		46,50	

Legenda: DF – local de disposição final de resíduos sólidos; VN – área de vegetação nativa; VRQ – valor de referência de qualidade. Fonte: Autora, 2017.

O cobre é um micronutriente essencial para plantas, todavia, em quantidades elevadas, pode desencadear efeitos tóxicos nas plantas e biota do solo (ZORTÉA, 2016). O cobre entra na composição de diversos materiais destinados à lixões e aterros controlados como eletroeletrônicos, latas e tampas de garrafas (IPT, 2010) e assim como o magnésio, manganês e zinco é liberado na decomposição da matéria orgânica (LOPES, 1988) que é a fração que mais se destaca na composição gravimétrica dos RSU gerados no Brasil correspondendo a 51,4% do montante (SINIR, 2012).

Tanto a média dos valores de cobre encontrados na área de vegetação nativa (VN) quanto no local de disposição final (DF) encontram-se abaixo do limite estabelecido como Valor de Referência de Qualidade - VRQ para solo definidos pela legislação de Minas Gerais (COPAM, 2011), ou seja, abaixo de 49,00 mg.Kg⁻¹. Entretanto observa-se que a média na DF (48,05 mg.Kg⁻¹) é superior à média encontrada na VN (21,54 mg.Kg⁻¹) e está próxima ao VRQ, o que pode indicar, que mesmo não ultrapassando o VRQ estabelecido pelo Estado,

o local de disposição final de resíduos sólidos (DF) pode ser um dos responsáveis pelo aporte desse elemento no solo.

Apesar do maior aporte na área de disposição de RSU (DF), essa alteração não é suficiente para ultrapassar o valor de investigação para área agrícola definido pela legislação que é de 200,00 mg.Kg⁻¹ (COPAM, 2011; CONAMA, 2009). Cabe ressaltar que o valor de investigação é quando existe riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana (CONAMA, 2009).

Situação semelhante aconteceu com o chumbo (Pb), tanto a média dos valores de chumbo encontrados na área de vegetação nativa (VN) quanto no local de disposição final (DF) encontram-se abaixo do VRQ para solo (COPAM, 2011), ou seja, abaixo de 19,50 mg.Kg⁻¹. Conforme observado na Tabela 1, a média da concentração do chumbo (Pb) dentro do local de disposição final (DF-1) é de 12,09 mg.Kg⁻¹ sendo o dobro da encontrada na vegetação nativa (VN) que é de 6,08 mg.Kg⁻¹. O chumbo é utilizado na fabricação de baterias, tubos de monitores, pigmentos, munição e soldas (EZAKI, 2004). A exposição à altas concentrações de chumbo é associada a numerosos efeitos crônicos na saúde como distúrbios de aprendizagem, problemas comportamentais e atrasos no desenvolvimento de crianças, doença cardíaca, TDAH, demência, doença mental, câncer cerebral, entre outras. (LAIDLAW, 2017). Apesar do aumento da concentração do elemento chumbo dentro da área de disposição final inadequada, a concentração do elemento em nenhum dos pontos amostrados foi maior do que o valor de investigação agrícola (180,0 mg.Kg⁻¹), ou seja, a alteração provocada não atinge níveis críticos.

O níquel é outro elemento frequentemente associado aos locais de disposição final de resíduos sólidos, visto que é utilizado na produção de ligas, na fabricação de baterias e está presente em componentes eletrônicos, derivados de petróleo e pigmentos (MARQUES; SILVA, 2011). Apesar desses produtos serem frequentemente destinados de maneira incorreta em lixões e aterros controlados (MOURA, 2012; RAJOVIC, 2016), no local de disposição final (DF) estudado não apresentou nenhum valor que ultrapassasse o limite estabelecido como VRQ. Sendo a média da concentração do elemento na área de vegetação nativa (VN) é de 11,23 mg.Kg⁻¹ e a média no local de disposição final (DF) é de 14,32 mg.Kg⁻¹, ou seja, dentro do valor de referência de qualidade, cujo limite é 21,50 mg.Kg⁻¹.

O único elemento que a média da concentração superou o Valor de Referência de Qualidade foi o zinco. A concentração média de zinco no local de disposição final (86,61 mg.Kg⁻¹) é quase quatro vezes superior à média da concentração do elemento na área de vegetação nativa (23,38 mg.Kg⁻¹). Cabe ressaltar, porém que os valores encontrados ficaram abaixo do valor de investigação imposto pela legislação (450 mg.Kg⁻¹). O incremento de zinco em áreas de disposição final de resíduos pode ser ocasionado pelo descarte incorreto de produtos que contenham zinco em sua composição. O zinco aparece como componente em baterias, lâmpadas, televisores, plásticos, borrachas, bem como em alguns cosméticos e produtos farmacêuticos (MARQUES; SILVA, 2011). Além disso, a matéria orgânica também é fonte do elemento (LOPES, 1988).

Apesar da disposição inadequada de resíduos sólidos causar alteração na qualidade do solo, essa alteração não é significativa a ponto de ultrapassar os limites dos valores de intervenção, o que significa que essa alteração ainda não gera riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana (CONAMA, 2009). Han et al (2013) em estudo realizado em locais de disposição inadequados na China, constatou que a qualidade da água subterrânea não sofre com problemas de contaminação por elemento potencialmente tóxico. Tal situação também foi observada por Kasassi et al (2008) que não encontraram contaminação do solo significativa por metais em área de disposição inadequada.

Em estudo realizado em Minas Gerais, Marques e Silva (2011) analisou a concentrações de metais dentro de um aterro controlado e um lixão. Dentro do aterro controlado, as concentrações dos elementos níquel e cromo superaram o limite do valor de referência de qualidade do solo estabelecido pela CETESB. Dentro do lixão, todos os elementos ficaram dentro do limite de qualidade do solo (MARQUES; SILVA, 2011). Já em estudo realizado no lixão de Romaria/MG, os elementos níquel e cobre ultrapassaram o valor de referência de qualidade estabelecidos pela CETESB (OLIVEIRA, 2012).

Em estudo realizado em aterro controlado no município de Passo Fundo/RS, Machado (2011) analisou a concentração dos metais Ni, Cu, Zn, Cr, Cd e Pb e comparou com uma área controle de reserva ambiental e com os valores orientadores propostos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Assim como no presente estudo, as concentrações de Cu e Zn foram maiores comparadas à área de reserva, sendo que

esses elementos ultrapassam os níveis de intervenção, conforme valores orientadores estabelecidos pela CETESB (MACHADO, 2011), o que não ocorreu no presente estudo.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com o objetivo verificar se há diferença significativa entre a concentração dos elementos na área de vegetação nativa (VN) e no local de disposição final de resíduos sólidos (DF), os resultados obtidos foram submetidos ao Teste de Wilcoxon, visto que os dados são não paramétricos, com nível de significância de 5%. A Tabela 2 apresenta os *p*-valores da comparação da concentração dos elementos entre área de vegetação nativa (VN) e local de disposição final (DF). Os dados em destaque (negrito) referem-se aos valores inferiores ao *p*-value de 0,05.

Tabela 2 –*p*-value calculado para a área de vegetação nativa (VN) e local de disposição final (DF).

	ELEMENTO			
	Cobre (Cu)	Chumbo (Pb)	Níquel (Ni)	Zinco (Zn)
p-value calculado	0,0024	0,0027	0,1079	0,0081

Fonte: Autora, 2017.

Como pode ser observado na Tabela 2 os elementos cobre (Cu), chumbo (Pb) e Zinco (Zn) apresentaram valores de *p*-value inferiores a 0,05, ou seja, ocorreu uma variação de concentração significativa entre a área de vegetação nativa (VN) e local de disposição final (DF), o que pode associar à presença dos resíduos no local. Já para o elemento Níquel (Ni) não houve variação da concentração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da contaminação por metais em uma área de vegetação nativa próxima ao local de disposição final de resíduos sólidos foi importante visto que esta atuou como um parâmetro de referência do solo na região de estudo e permitiu verificar que os elementos chumbo, cobre e zinco podem ter sua concentração influenciada pela presença de resíduos no local. Para o elemento zinco, a média da concentração superou os valores de referência de qualidade do solo. Entretanto o limite de intervenção definido pelo COPAM (2011) não foi ultrapassado o que não apresenta riscos à saúde humana.

Por fim, o estudo demonstrou que mesmo a concentração dos elementos cobre e chumbo não tendo superado o valor de qualidade do solo, houve uma diferença significativa nessas concentrações médias no aterro controlado comparado à área de vegetação nativa.

Tal constatação reforça a necessidade de municípios de pequeno porte articularem alternativas ambientalmente adequadas para a destinação e/ou disposição de seus resíduos sólidos. Dentre as alternativas para redução da quantidade de resíduos que são destinados à disposição final estão a implantação de uma política de educação ambiental associada à programas de coleta seletiva, sistemas de compostagem e destinação ambientalmente adequada de resíduos de serviços de saúde vem como de pilhas, baterias e lâmpadas.

Cabe reforçar ainda que lixões e aterros controlados são considerados soluções ambientalmente inadequadas de disposição de resíduos conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos, fortalecendo assim a necessidade de uma gestão integrada eficiente nos municípios de pequeno, médio e grande porte.

Como sugestão para trabalhos futuros propõe amostrar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos que chegam ao local de disposição final para verificar a relação destes com os elementos presentes no solo. Recomenda-se também mensurar a concentração dos elementos estudados no curso d'água superficial e também nos poços tubulares e cisternas das propriedades localizadas na área de influência do local de disposição final de resíduos sólidos, a fim de verificar se o local influencia a qualidade da água subterrânea e superficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE - Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016.2016.
2. CARVALHO, A. L. Contaminação de águas subsuperficiais em área de disposição de resíduos sólidos urbanos: o caso do antigo lixão de Viçosa (MG). 2001. 122p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
3. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM (Minas Gerais). Resolução nº 166, de 29 de junho de 2011. Diário do Executivo de Minas Gerais, Belo Horizonte, 27 de julho de 2011. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=18414>. Data de acesso: 28 de junho de 2017.
4. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA (BRASIL). Resolução nº 460, de 30 de dezembro de 2013. Diário Oficial da União, Brasília, 30 de dezembro de 2013.
5. DIAS, D. M. et al. Modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 17, p. 325-332, 2012.
6. EZAKI, S. Íons de metais pesados (Pb, Cu, Cr e Ni) associados a solos de cobertura de resíduos sólidos em dois aterros sanitários da Região Metropolitana de São Paulo-SP. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia) – Instituto de Geologia, Universidade de São Paulo, 2004.
7. HAN, D. et al. Evaluation of the impact of an uncontrolled landfill on surrounding groundwater quality, Zhoukou, China. Journal of Geochemical Exploration, v. 136, p. 24-39. 2014.
8. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017. Minas Gerais. Tupaciguara. Estimativa da população para 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=316960&search=%257Ctupaciguara>. Data de acesso: 20 de nov. 2017.
9. IPT/CEMPRE – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/COMPROMISSO EMPRESARIAL COM A RECICLAGEM. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 2.ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2010.
10. KASASSI, A. et al. Soil contamination by heavy metals: Measurements from a closed unlined landfill. Bioresource Technology, v. 99, n. 18, p. 8578-8584. 2008.
11. LAIDLAW, M.A.S. et al. Case studies and evidence-based approaches to addressing urban soil lead contamination. Applied Geochemistry, v. 83, p. 14-30, 2017.
12. LIMA, P.G. et al. Avaliação de um aterro sanitário por meio do Índice de Qualidade de Resíduos Sólidos. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v. 11, n.1, p. 88-106. 2017.
13. LOPES, A. S. Manual internacional de fertilidade do solo. Piracicaba: Potafos, 1988.
14. MARQUES, R. F. P.; SILVA, A. M. Impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo e na água superficial em três municípios de Minas Gerais. 2011. 95 p. Dissertação (Programa de pós-graduação em Recursos Hídricos em sistemas agrícolas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.
15. MOURA, A.A.; LIMA, W.S.; ARCHANJO, C.R. Análise da composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso - município de Itaúna - MG. SynThesis: Revista Digital FAPAM, Pará de Minas, n.3, p. 4 - 16, abr. 2012.
16. OLIVEIRA, M. D. R. Avaliação da contaminação do solo pela disposição inadequada de resíduos sólidos em Romaria/MG. 2012. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2012.
17. PASTOR, J., HERNÁNDEZ, A. J. Heavy metals, salts and organic residues in old solid urban waste landfills and surface waters in their discharge areas: Determinants for restoring their impact. **Journal of Environmental Management**. 2012.
18. PIRETE, L.; OLIVEIRA, B.F.F.; VASCONCELOS, M. G. Avaliação da área de disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Araguari utilizando o índice de qualidade de aterros de resíduos - IQR. Revista Agrogeoambiental, v. 00, p. 25-32, 2014.
19. RAJOVIC, C.S. Diretrizes para o gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Estudo de caso: Uberaba, MG. 2016. 150 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2016.
20. RONG, L. et al. Assessment of the potential utilization of municipal solid waste from a closed irregular landfill. Journal of Cleaner Production, p. 1-7, 2015.
21. SAMADDER, S.R., et al. Analysis of the contaminants released from municipal solid waste landfill site: A case study. Science Total Environ. 2016.

22. SOUSA, H. A.; ROESER, H. M. P.; MATOS, A.T. Métodos e técnicas aplicados na avaliação ambiental do aterro da BR040 da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte MG. Revista Escola de Minas, v. 55, n. 4, Ouro Preto, 2002.
23. USEPA - United State Environmental Protection Agency; USEPA 3050B, Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 2, december, 1996. Disponível em: <<http://www.epa.gov/waste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3050b.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2018.
24. WANG, Y. et al. Calcium carbonate-based permeable reactive barriers for iron and manganese groundwater remediation at landfills. Waste Management. 2016.
25. ZORTÉA, T. et al. Toxicidade do cobre em função da correção do pH em dois solos naturais – Uma abordagem com plantas e organismos edáficos. Scientia Agraria, v. 17 n° 1, p. 1-9. Curitiba, 2016.