



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO ATERRADO

Débora Astoni Moreira¹; Mauro Aparecido Martinez²; José Antonio Rodrigues de Souza³;
Antonio Teixeira de Matos⁴; César Reis⁵; Efraim Lázaro Reis⁶

RESUMO

Neste estudo, objetivou-se determinar as características químicas e físicas do resíduo sólido urbano submetido a diferentes tempos de aterramento. A caracterização física e química das amostras foi obtida com a realização das análises de: massa específica do resíduo e da partícula, pH em água (1:2,5), carbono orgânico, espectrometria no infravermelho, titulação potenciométrica, concentração dos metais (Zn, Cd, Cu, Pb, Ni, Mg, Mn, Fe e Cr) e quantificação das substâncias húmicas. Diante dos resultados, concluiu-se que os resíduos apresentaram alta concentração de substâncias húmicas, com grupos tituláveis compatíveis com valores observados em literatura para substâncias húmicas; RSU_Antigo apresentou alto grau de humificação e alta capacidade de retenção de metais em relação ao RSU_Maduro.

Palavras-chave: aterro sanitário, resíduo sólido.

DETERMINATION OF CHARACTERISTICS OF URBAN SOLID WASTE IN LANDFILL

ABSTRACT

This study aimed to determine chemical and physical characteristics of the urban landed solid residue. The physical and chemical characterization of samples was obtained by analysis: specifies the mass and particle residue, pH in water (1:2.5), organic carbon, infrared spectroscopy, potentiometric titration, concentration of metals (Zn, Cd, Cu, Pb, Ni, Mg, Mn, Fe and Cr) and quantification of humic substances. The results showed that the residues presented humics substances high concentration, with groups titratable compatible with values observed in literature for humics substances; RSU_Old presented high humification degree and high capacity of the retention of metals regarding RSU_Mature.

Keywords: landfill, solid waste.

Trabalho recebido em 14/12/2009 e aceito para publicação em 04/02/2010.

¹ Bacharel em Química, Pós-doutora em Eng. Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Dep. Eng. Agrícola. Viçosa-MG. e-mail. deboraastoni@yahoo.com.br

² Prof. Titular DEA/UFV. e-mail: mmauro@ufv.br

³ Eng. Agrícola, Pós-doutor em Eng. Agrícola. DEA/UFV. e-mail. jarstec@yahoo.com.br

⁴ Prof. Associado DEA/UFV. e-mail. atmatos@ufv.br

⁵ Prof. Associado DEQ/UFV. e-mail. cesar@ufv.br

⁶ Prof. Titular DEQ/UFV. e-mail. efrain@ufv.br

1. INTRODUÇÃO

Dentre as alternativas tecnológicas para disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU), o aterro sanitário ainda é a técnica mais utilizada, pois, apresenta menor custo para comunidades com poucos recursos financeiros e que pode satisfazer as condições de preservação do meio ambiente (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000). No mundo inteiro, com algumas poucas exceções, os aterros sanitários representam a principal destinação final dos RSU, apesar do imenso esforço em reduzir sua produção, reutilizar e reciclá-los (LEAHY & SHREVE, 2000).

A quantidade de resíduos gerados depende de vários fatores, dentre os quais, os fatores culturais, nível e hábito de consumo, rendas e padrão de vida das populações, fatores climáticos e das características de sexo e idade dos grupos populacionais (BIDONE & POVINELLI, 1999).

Estima-se que cada brasileiro produza 1,3 kg de lixo por dia, o que representa a geração diária, no Brasil, de aproximadamente 230 mil toneladas. A disposição final deste lixo varia conforme a região onde é coletado, mas, em média, cerca de 71% é destinado a aterros (sanitários ou controlados) e 26% a lixões a céu aberto. Outras formas de disposição, como compostagem e incineração, são

menos significativas (IBGE, 2002; PACHECO & PERALTA-ZAMORA, 2004).

O processo de coleta não seletiva do RSU leva à mistura de materiais contendo substâncias tóxicas, como lâmpadas, pilhas, latas, etc., com a fração orgânica do lixo domiciliar. Estes materiais podem liberar metais pesados, como Cd, Cu, Pb, Mn, Zn, Ni, Hg ampliando as formas de poluição e contaminação que estes resíduos podem causar ao meio ambiente e, conseqüentemente, as populações, se não forem manipulados e tratados convenientemente (PEREIRA NETO, 1989). Assim, neste estudo, objetivou-se determinar as características químicas e físicas do resíduo sólido urbano submetido a diferentes tempos de aterramento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Solo e Resíduos Sólidos, do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. As amostras de resíduo sólido urbano (RSU) foram coletadas no antigo lixão da cidade de Visconde do Rio Branco, MG. Utilizaram-se amostras de RSU enterrada há 15 anos (RSU_Antigo) e a 8 anos (RSU_Maduro), as quais foram secas ao ar, trituradas e peneiradas para separação das frações menores que 2 mm.

A caracterização física e química das amostras foi obtida com a realização das análises de: massa específica do resíduo e da partícula, pH em água (1:2,5), carbono orgânico, espectrometria no infravermelho, titulação potenciométrica, concentração dos metais (Zn, Cd, Cu, Pb, Ni, Mg, Mn, Fe e Cr) e quantificação das substâncias húmicas.

pH

Foram preparadas suspensões aquosas dos resíduos RSU_Antigo e RSU_Maduro, na razão de 1:2,5 (sólido:líquido), em água deionizada. As suspensões foram agitadas por 5 minutos e ficaram em repouso por uma hora, sendo, em seguida, feita a determinação do pH (KIEHL, 1985).

Carbono Orgânico

Pesou-se 0,5000 g da amostra do RSU_Antigo e RSU_Maduro em frasco de Erlenmeyer de 250 mL. Em seguida, foram adicionados 10 mL de solução de $K_2Cr_2O_7$ 0,5 mol L^{-1} e 20 mL de H_2SO_4 concentrado. A mistura foi agitada por um minuto, deixando-se em repouso entre 20 e 30 min. Posteriormente, adicionaram-se 200 mL de água deionizada, 10 mL de H_3PO_4 concentrado, 0,2 g de NaF e dez gotas de difenilamina a 1 %. A titulação foi efetuada com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,5 mol L^{-1} até obtenção de

coloração verde (DEFELIPO & RIBEIRO, 1981).

Espectros no Infravermelho

Os espectros na região do infravermelho das amostras RSU_Antigo e RSU_Maduro foram obtidos conforme metodologia descrita por LAMIN et al. (1996). Em almofariz, foram misturados 1 mg de amostra previamente pulverizada e 100 mg de KBr, secos a 65 °C. A mistura foi prensada para a confecção da pastilha. A varredura foi feita entre 500 e 4500 cm^{-1} .

Titulação potenciométrica

As titulações potenciométricas das amostras de RSU_Antigo e RSU_Maduro foram realizadas em titulador automatizado. Pesou-se 1,0000 g da amostra, peneirada a 80 mesh. Adicionaram-se 25 mL de solução de NaCl 0,5 mol L^{-1} e algumas gotas de HCl 1,0 mol L^{-1} para obter pH 2,0. A amostra foi titulada com solução padronizada de NaOH 0,1 mol L^{-1} até pH 12,0 (FONSECA, 2005). O gráfico da curva de titulação foi obtido por meio do programa computacional gráfico Origin 6.0 (MICROCAL, 1999).

Concentração de metais

Pesaram-se, em béquer de teflon, 500,0 mg de amostras de resíduos e adicionaram-se 10 mL de HNO_3 a 65%,

que foram levados para aquecimento em chapa, a 300 °C, até quase secura. Adicionaram-se 2 mL HClO₄ a 70% e 10 mL de HF a 40%. Repetiu-se esta última operação por mais duas vezes, aquecendo-se até quase secura, e finalizando com a adição de 5 mL de HCl 37%. Retirou-se, posteriormente, o béquer, da chapa aquecedora, deixando-se esfriar. Filtrou-se em papel filtro e aferiu-se em balão de 25 mL. Determinou-se a concentração dos metais no filtrado por espectrofotometria de absorção atômica (JORDÃO et al., 2000).

Extração, fracionamento e quantificação das substâncias húmicas

As substâncias húmicas contidas nos resíduos orgânicos (RSU_Maduro e RSU_Antigo) foram extraídas conforme a técnica padrão adotada pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS) (SWIFT, 1996). Pesou-se 1,0000 g do resíduo em frasco de vidro de 300 mL. Adicionaram-se 10,0 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹ e, em seguida, borbulhou-se N₂ em cada frasco, fechando-os com balões de borracha preenchidos com N₂. As misturas de resíduos/NaOH foram agitadas por 24 horas, após este tempo o sobrenadante foi separado, por centrifugação, a 3.000 g (FCR), por oito minutos. Este procedimento foi repetido três vezes, reunindo-se os extratos obtidos. O resíduo

foi recolhido e reservado para determinação de carbono na forma de humina. Ao sobrenadante contendo frações de ácidos húmicos (FAH) e ácidos fúlvicos (FAF), adicionou-se ácido clorídrico concentrado até que o pH se tornasse próximo de 1, colocando a suspensão para aquecer a 70 °C por, aproximadamente, 10 minutos. O precipitado FAH foi separado da fração solúvel por centrifugação, a 3.000 g (FCR), por 5 min, rediluído em solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹, tendo seu volume aferido para 50,0 mL. A porção solúvel no extrato acidificado, fração de ácidos fúlvicos, teve seu volume aferido para 50,0 mL, utilizando-se água destilada. A determinação quantitativa de carbono orgânico foi feita conforme método descrito anteriormente, sendo utilizadas alíquotas de 5,0 mL de extrato e 2,5 mL de dicromato de potássio, mantendo-se a relação 1:2 solução:ácido sulfúrico. As concentrações de dicromato de potássio utilizadas foram 0,5 e 1,0 mol L⁻¹ para frações de ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, respectivamente.

Determinação da massa específica dos resíduos e das partículas

Para determinação da massa específica dos resíduos utilizou-se o método da proveta, conforme EMBRAPA (1997): Fez-se o enchimento de uma proveta, de massa e volume aferidos, com

amostras do resíduo, promovendo batimentos sucessivos de seu fundo em uma superfície plana para acomodação das partículas, até nivelamento com traço de aferimento da proveta. Determinaram-se a massa da proveta e a relação entre massa e volume por ela ocupado, determinou-se a densidade do resíduo.

Para determinação da massa específica das partículas dos resíduos utilizou-se o método do balão volumétrico, conforme EMBRAPA (1997): Amostras de resíduos foram destorroadas, secas em estufa a 105 °C e passadas em peneiras de 2 mm. Transferiram-se 20 g de amostra peneirada para um balão volumétrico de 50 mL, previamente aferido. Adicionou-se

volume conhecido de álcool etílico até cobrir toda amostra do resíduo, agitando-o, cuidadosamente, de modo a eliminar bolhas de ar. Tampou-se o balão volumétrico, deixando-o em repouso por 30 min. Completou-se o volume do balão com álcool etílico, registrando o volume total de álcool gasto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características físicas e químicas das amostras de RSU_Antigo e RSU_Maduro estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas de amostras de RSU_Antigo e RSU_Maduro

Características	RSU_Antigo	RSU_Maduro
pH	7,78	7,50
Carbono orgânico (dag kg ⁻¹)	21,37	18,78
Matéria orgânica (dag kg ⁻¹)	36,84	32,38
Fração residual (humina) (dag kg ⁻¹)	11,05	7,3
Frações ácidos húmicos (dag kg ⁻¹)	4,7	3,87
Frações ácidos fúlvicos (dag kg ⁻¹)	2,6	4,61
Massa específica (g cm ⁻³)	1,11	1,15
Massa específica da partícula (g cm ⁻³)	2,57	2,42

Os valores de pH do RSU_Antigo e RSU_Maduro foram menores que o encontrado por Mattos et al., (2005) para composto orgânico de lixo urbano.

A composição química das amostras de RSU_Antigo e RSU_Maduro apresentam relativamente grandes porcentagens de carbono orgânico. O RSU_Antigo, em virtude do maior tempo

de aterramento, apresentou maiores teores de carbono orgânico e ácidos húmicos, indicando alto grau de humificação. A porcentagem de matéria orgânica dos dois resíduos foi superior àqueles obtidos por Mattos et al (2005) ao analisar composto de lixo urbano.

As concentrações dos íons metálicos encontradas nas amostras de RSU_Antigo, RSU_Maduro estão

apresentadas na Tabela 2. Estão presentes elementos não essenciais, essenciais e alguns metais pesados. A concentração relativamente alta de ferro presente nas amostras, é devida, provavelmente, à presença de substâncias no RSU que

contém este elemento, e também de minerais, como hematita ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) e goethita ($\alpha\text{-FeOOH}$), ocasionalmente presentes no solo utilizado na cobertura do RSU.

Tabela 2. Concentração dos metais nos resíduos em amostras de RSU_Antigo, RSU_Maduro

Metais	RSU_Antigo	RSU_Maduro
Cd (mg kg^{-1})	3,51	1,62
Cu (mg kg^{-1})	74,05	65,07
Cr (mg kg^{-1})	116,56	107,19
Fe (mg kg^{-1})	28.891,05	34.821,43
Mg (mg kg^{-1})	13,73	7,00
Mn (mg kg^{-1})	357,97	281,43
Ni (mg kg^{-1})	32,73	43,60
Pb (mg kg^{-1})	46,24	28,62
Zn (mg kg^{-1})	1,32	0,78

Nas Figuras 1 e 2, estão apresentados os espectros na região do infravermelho do RSU_Antigo e RSU_Maduro. Os espectros apresentaram bandas na região de 3700, 3695 e 3616 cm^{-1} , característica de estiramento N-H de amina e/ou de aminoácidos. Na região de 3447 cm^{-1} , a banda larga pode ser atribuída ao estiramento da ligação OH, que

corresponde a vários grupos contendo hidroxila. A absorção de 1622 e 1630 cm^{-1} é normalmente atribuída à vibração que envolve estiramento das ligações C=C de anel aromático. A absorção na região de 1020 - 1100 cm^{-1} é característica de ligações Si-O de silicatos presentes na amostra.

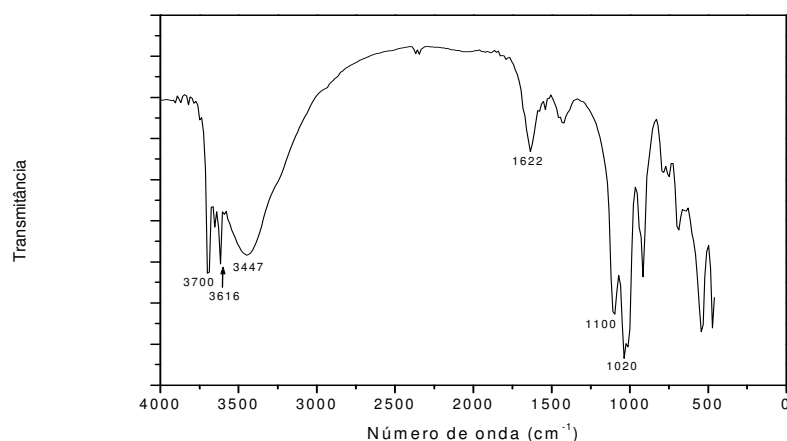


Figura 1. Espectros de absorção no infravermelho do RSU_Antigo.

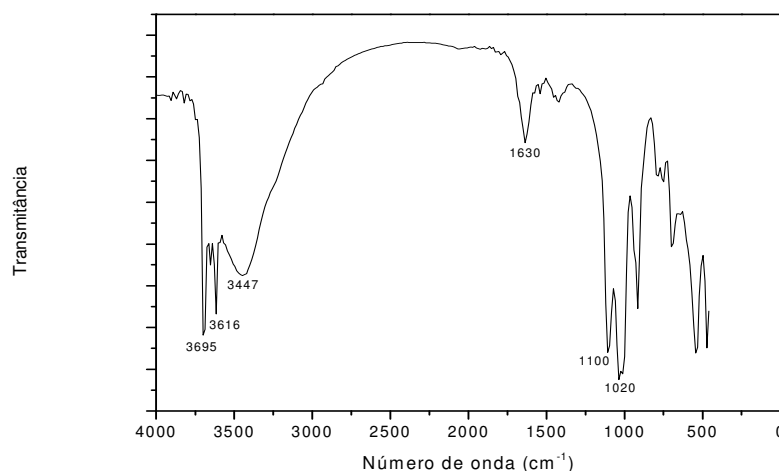


Figura 2. Espectro de absorção no infravermelho do RSU_Maduro.

As curvas de titulação potenciométrica com aproximadamente 300 pontos dos RSU_Antigo e RSU_Maduro, estão apresentadas nas Figuras 3 e 4. Nas curvas de titulação obtidas é quase impossível verificar visualmente mais do um ponto de inflexão, por se tratar de ácido com valores de pKa próximos. Para facilitar tal visualização, os dados de titulações dos resíduos foram derivados e pelos gráficos estimaram-se os volumes parciais aproximados para neutralizar cada grupo carboxílico e fenólico. As constantes de dissociação de grupos carboxílicos e fenólicos foram determinadas em um programa de regressão múltiparamétrica não-linear utilizando Newton-Raphson (FONSECA, 2005).

Para o RSU_Antigo determinou-se os volumes de NaOH gastos, sendo o primeiro volume ($V_0 = 4,40$ mL)

correspondente ao excesso de ácido clorídrico, e os outros cinco volumes ($V_1 = 7,45$; $V_2 = 10,71$; $V_3 = 12,71$; $V_4 = 15,38$ e $V_5 = 18,49$ mL) correspondentes ao volume de equivalência para cada grupo titulável, sendo os volumes parciais iguais a ($V_{HCl} = 4,40$; $V_{HA1} = 3,04$; $V_{HA2} = 3,26$; $V_{HA3} = 2,0$; $V_{HA4} = 2,67$ e $V_{HA5} = 3,11$ mL).

Para o RSU_Maduro o primeiro volume ($V_0 = 3,99$ mL) correspondente ao excesso de ácido clorídrico, e os outros cinco volumes ($V_1 = 6,50$; $V_2 = 8,58$; $V_3 = 10,53$; $V_4 = 11,53$ e $V_5 = 14,37$ mL) correspondentes ao volume de equivalência para cada grupo titulável, sendo os volumes parciais iguais a ($V_{HCl} = 3,99$; $V_{HA1} = 2,51$; $V_{HA2} = 2,08$; $V_{HA3} = 1,95$; $V_{HA4} = 1,0$ e $V_{HA5} = 2,84$ mL).

Analisando os dados tratados pelo programa de regressão não-linear, foram determinadas cinco classes de grupos

tituláveis (Tabela 3), sendo HA₁, HA₂ (pK_a < 7), tituladas em uma região de pH típica para grupamentos carboxílicos e as três últimas, HA₃, HA₄ e HA₅ (pK_a > 7),

atribuídas a grupamentos fenólicos e aminas. A curva de titulação ajustada pelo programa de regressão ficou muito próxima da curva experimental.

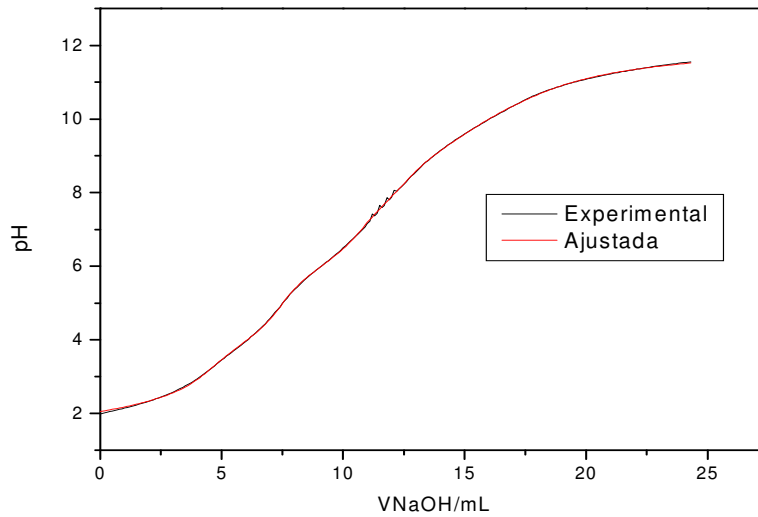


Figura 3. Curvas de titulação experimental e ajustada, de amostra de RSU_Antigo com NaOH

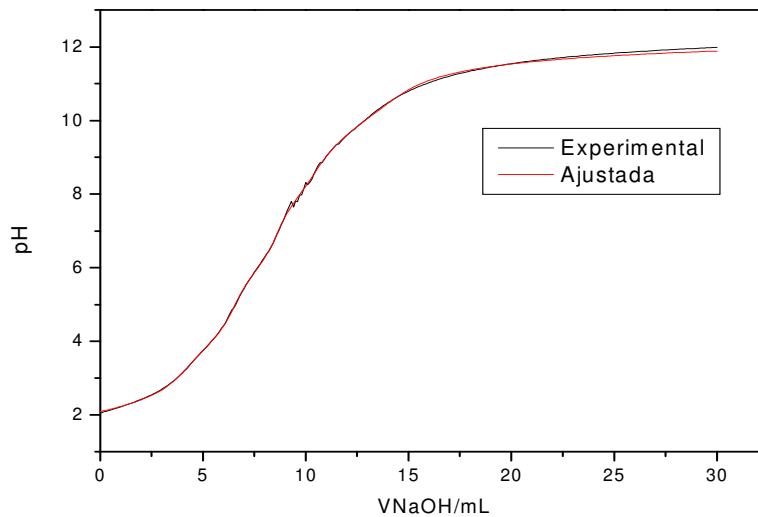


Figura 4. Curvas de titulação experimental e ajustada, de amostra de RSU_Maduro com NaOH.

Tabela 3. Valores de pK_a obtidos do ajuste por regressão não-linear da curva de titulação potenciométrica para amostras de RSU_Antigo e RSU_Maduro, e valores encontrados na literatura

Materiais	pK_a				
	HA ₁	HA ₂	HA ₃	HA ₄	HA ₅
RSU_Antigo	3,91	5,99	7,72	9,20	10,40
RSU_Maduro	3,86	5,89	7,90	9,36	10,00
Ácido Húmico*	4,28	4,96	6,07	7,48	9,31
Vermicomposto**	3,50	4,42	7,06	9,16	11,17

*Valores obtidos por Guimarães (2000) para ácidos húmicos extraídos de vermicomposto de esterco bovino.**Valores obtidos por Moreira (2004) para vermicomposto de esterco bovino.

Os resultados obtidos para os cinco grupos tituláveis do material orgânico estabilizado foram compatíveis com os resultados da literatura para substâncias húmicas (Tabela 3). Com os valores obtidos pela titulação potenciométrica, calculou-se a quantidade de cargas negativas dos RSUs, no valor de pH apresentado na Tabela 1. Para o RSU_Antigo, a quantidade de cargas foi $54,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e para o RSU_Maduro $25,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, apresentado, assim, alta capacidade de retenção de metais pesados.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste experimento, conclui-se que:

- Os RSU's apresentaram pH próximo a neutralidade, altas porcentagens de carbono orgânico e matéria orgânica.
- Os resíduos apresentaram alta concentração de substâncias húmicas, com grupos tituláveis

compatíveis com valores observados em literatura para substâncias húmicas.

- RSU_Antigo apresentou alto grau de humificação e alta capacidade de retenção de metais em relação ao RSU_Maduro.

5. REFERÊNCIAS

- BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**, 1^a ed, v.1, São Carlos, EESC-USP, 1999.
- D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo-SP. 2a ed. IPT/CEMPRE, 2000.
- DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise Química do Solo (Metodologia)**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1981. 17p. (Boletim de Extensão, 29).
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 247p, 1997.
- FONSECA, R. A. D. **Caracterização potenciométrica de ácidos húmicos utilizando análise das componentes principais**. Viçosa,

- MG: UFV. 2005. 83p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- GUIMARÃES, C. R. **Avaliação das características físico-químicas de ácidos húmicos em diferentes etapas da vermicompostagem através de técnicas quimiométricas de reconhecimento de padrões.** Viçosa, MG: UFV, 2000. 163p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica). Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2002.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 de Agosto de 2008.
- JORDÃO, C. P.; ALVES, N. M.; PEREIRA, J. L.; BELLATO, C. R.; ALVAREZ, V. H. Adsorção de íons Cu^{2+} em latossolo vermelho-amarelo húmico. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 5-11, 2000.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Ed. Agronômica "CERES", 1985. cap.3, p.85.
- LAMIN, S. S. M.; JORDÃO, C. P.; BRUNE, W.; PEREIRA, J. L. Caracterização química e físico-química de resíduos de esterco bovino e avaliação da adsorção competitiva por cádmio e chumbo. **Química Nova**, v. 19, n. 5, p. 457 - 463, 1996.
- LEAHY, J. G.; SHREVE, G. S. The effect of organic carbon on the sequential reductive dehalogenation of tetrachloroethylene in landfill leachates. **Water Research**, v. 34, n. 8, p. 2390 - 2396, 2000.
- MATTOS, L. V.; JESUS, M. J.; VASCONCELOS, S. M.; BELLATO, C. R.; VENEGAS, V. H. A.; ANDRADE, V. M. Avaliação das Características Físico-Químicas e da Disponibilidade de Fósforo em Composto de Lixo Urbano. In: XIX ENCONTRO REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, **Anais...**, 2005.
- MOREIRA, D. A. **Adsorção de cobre (II), níquel (II) e zinco (II) de efluentes de galvanoplastia por vermicomposto.** Viçosa, MG: UFV. 2004. 69p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MICROCAL, **Origin 6.0**, Microcal, Northampton, MA, 1999.
- PACHECO, J. R.; PERALTA-ZAMORA, P. Integração de processos físico-químicos e oxidativos avançados para remediação de percolado de aterro sanitário (chorume). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, nº4, p.306-311, 2004.
- PEREIRA NETO, J. T. **Conceitos modernos de compostagem.** Engenharia Sanitária. Viçosa: UFV, 1989, 42p.
- SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS et al. (Eds.) **Methods of soil analysis: Chemical methods.** Madison, 1996. parte 3, p. 1011-1020.