

IV-025 - SORÇÃO DE LÍTIO EM SOLO DE ANTIGA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Jaíza Ribeiro Mota e Silva⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestra e Doutoranda em Recursos Hídricos pela UFLA.

Luiz Fernando Coutinho de Oliveira⁽²⁾

Engenheiro Agrícola pela UFLA. Mestre em Engenharia Agrícola pela UFLA. Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor Titular na UFLA.

Camila Silva Franco⁽³⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Mestra e Doutora em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela UFLA. Professora Adjunta na UFLA.

Bárbara Belchior Silvério⁽⁴⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária na UFLA.

Ana Paula Maciel de Castro⁽⁵⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária na UFLA.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento (DRS) - Universidade Federal de Lavras - Campus Universitário, Caixa Postal 3037 - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel.: (35) 3829-1684 - e-mail: jaiza.silva@estudante.ufla.br

RESUMO

Os resíduos sólidos urbanos são compostos por material orgânico, papel, vidro, plástico, elementos metálicos e tecnológicos, sendo, esses últimos, fontes dos principais elementos traço liberados para o ambiente. O efeito poluente dos elementos traço no ambiente depende, principalmente, da capacidade dos colóides do solo em sorvê-los e mantê-los retidos com alta energia. O conhecimento da capacidade adsorviva do solo oferece subsídios para a previsão de fitotoxicidade e de possível contaminação do lençol freático, uma vez que, se essa capacidade for ultrapassada, o elemento traço ficará potencialmente disponível e poderá ser lixiviado. Objetivou-se realizar a análise de sorção de lítio (Li) em solo da antiga área de disposição final de resíduos sólidos urbanos do município de Ijaci - MG, com a finalidade de identificar a potencialidade de contaminação do solo e das águas subterrâneas. Para tal, foi coletada amostra deformada de solo na antiga área de disposição final de resíduos sólidos urbanos de Ijaci - MG, localizada nas coordenadas geográficas 21° 11' 8.808" S e 44° 53' 19.820" W. O solo foi peneirado e, posteriormente, seco em estufa. Após a secagem, foi realizada sua caracterização química e física. Empregando-se as concentrações de Li em solução e adsorvida ao solo, fez-se então, o ajuste das isotermas de Freundlich nos modelos linear e potencial. O potencial de sorção do Li no solo estudado foi avaliado pela análise dos valores obtidos para o fator de retardamento e coeficiente de distribuição linear da isoterma de Freundlich. Os modelos empregados para descrever as isotermas de sorção apresentaram um bom ajuste, permitindo, na faixa das concentrações estudadas, a sua utilização na previsão de retenção do Li no solo estudado. O solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Ijaci-MG apresenta vulnerabilidade de contaminação do solo e, conseqüentemente, das águas subterrâneas por lítio. Cuidados deverão ser tomados com relação à antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos do município de Ijaci-MG.

PALAVRAS-CHAVE: Metais pesados, Lixiviação, Isoterma, Controle da Poluição.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos são compostos por material orgânico, papel, vidro, plástico, elementos metálicos e tecnológicos, sendo, esses últimos, fontes dos principais elementos traço liberados para o ambiente (ANICETO e HORBE, 2012). Baterias, pilhas, pigmentos, estabilizadores industriais, cerâmicas esmaltadas, ligas metálicas, tintas, cimentos e lâmpadas apresentam em sua composição elementos químicos altamente poluentes, que podem contaminar o solo e águas superficiais e subterrâneas (NAGASHIMA et al., 2009).

O líquido gerado pela decomposição do material orgânico presente no lixo é denominado chorume. O lixiviado e/ou percolado é a mistura de chorume e água, de origem superficial (chuva ou escoamento) ou

subterrânea (infiltração). Segundo Machado et al. (2011) e Oliveira et al. (2013), dentre os elementos mais presentes em percolados de áreas de disposição de resíduos sólidos, destacam-se o cádmio (Cd), o cobre (Cu), o lítio (Li) e o zinco (Zn).

Por serem altamente persistentes no ambiente, a contaminação do solo por metais pesados é extremamente perigosa. Os metais pesados não podem ser degradados ou prontamente detoxificados pelos seres vivos, tornando-se grave problema de poluição ao longo do tempo (OLIVEIRA et al., 2010).

Embora o solo seja uma barreira natural de proteção às águas subterrâneas, os fatores que regem sua capacidade em reter elementos traço são complexos, o que dificulta o seu entendimento e previsões acerca do comportamento desses elementos, principalmente em longo prazo (OLIVEIRA e MATTIAZZO, 2001).

O efeito poluente dos elementos traço no ambiente depende, principalmente, da capacidade dos coloides do solo em sorvê-los e mantê-los retidos com alta energia (PIERANGELI et al., 2007). No processo de sorção, o soluto adere às superfícies das partículas do solo devido a forças de atração decorrentes de cargas desequilibradas nas superfícies dessas partículas, resultantes de imperfeições ou substituições iônicas na estrutura cristalina dos minerais (substituição isomorfa) ou de quebra de ligações nas estruturas moleculares, especialmente nas extremidades (FREEZE e CHERRY, 1979).

A sorção depende de fatores como pH, temperatura, tempo de contato, estrutura de poros, área superficial, grupos funcionais de superfície, presença de uma ou mais substâncias em solução e natureza das substâncias presentes, responsável pela maior ou menor afinidade de ligação, considerando a interação competitiva entre elas pelos sítios de ligação (LIU et al., 2009; SOUZA et al., 2013).

O conhecimento da capacidade adsorptiva do solo oferece subsídios para a previsão de fitotoxicidade e de possível contaminação do lençol freático, uma vez que, se essa capacidade for ultrapassada, o elemento traço ficará potencialmente disponível e poderá ser lixiviado.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, por meio de suas Resoluções nº 357 e nº 420, estabelece critérios e valores orientadores referentes à presença de substâncias químicas, para a proteção da qualidade do solo e da água (BRASIL, 2005 e 2009). A Resolução nº 357 estabelece para as diferentes classes de água (doce, salobra e salina) as concentrações máximas dos contaminantes. A Resolução nº 420 estabelece para o solo e águas subterrâneas os valores de prevenção e investigação para os contaminantes orgânicos e inorgânicos e recomenda que os valores de referência sejam estabelecidos pelos Estados.

Dentre estudos relacionados à determinação das concentrações de elementos traço no solo, que podem auxiliar na obtenção de valores orientadores para suas regiões, destacam-se: Abreu et al. (2012), Lima et al. (2013), Oliveira et al. (2014), Menezes et al. (2016), Zuliani et al. (2017), Medina et al. (2018) e Martins et al. (2019).

OBJETIVOS

Objetivou-se com o presente trabalho realizar a análise de sorção de lítio (Li) em solo da antiga área de disposição final de resíduos sólidos urbanos do município de Ijaci - MG, com a finalidade de identificar a potencialidade de contaminação do solo e das águas subterrâneas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foi coletada amostra deformada de solo na antiga área de disposição final de resíduos sólidos urbanos do município de Ijaci - MG, localizada nas coordenadas geográficas 21° 11' 8.808" S e 44° 53' 19.820" W, a qual foi encerrada há 2 anos. A população do município é 6.406 habitantes (IBGE, 2016) e a geração diária de resíduos sólidos urbanos é aproximadamente 3,23 t dia⁻¹.

No local de amostragem, foram coletados aproximadamente 2 kg de solo, com auxílio de trado holandês na profundidade de 0 a 60 cm, abaixo da superfície da plataforma de disposição dos resíduos. Inicialmente, as amostras de solo foram destorroadas, peneiradas com malha de 2,0 mm de abertura e, posteriormente, secas em estufa a 105°C por um período de 48h para obtenção de TFSE (Terra Fina Seca em Estufa) (PAYE et al., 2010). Após secagem, as amostras foram armazenadas em sacos de polietileno e parte foi encaminhada ao Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (DCS-UFLA) para caracterização química e física, conforme Embrapa (1997). Uma vez que o estudo objetivou analisar a sorção do aporte de

elemento proveniente da disposição dos resíduos sólidos no solo, não foi determinada a concentração de Li no solo estudado.

O potencial de sorção do Li no solo estudado foi avaliado pela análise dos valores obtidos para o fator de retardamento e coeficiente de distribuição linear da isoterma de Freundlich. O coeficiente de distribuição linear e o fator de retardamento foram estimados por meio da análise de isoterma de sorção, curva obtida a partir de ensaio de equilíbrio em lote que, por sua vez, consiste na agitação de mistura composta por uma porção de solo e uma solução contendo um contaminante com concentração inicial conhecida. A agitação mantém as partículas sólidas em suspensão, expondo toda sua superfície ao contato com a solução durante o tempo necessário para que ocorram as reações químicas de interação solo-contaminante. Em seguida, foi feita a separação das fases sólida e líquida e determinou-se a concentração de equilíbrio da solução, sendo que pela diferença entre as concentrações inicial e de equilíbrio obteve-se a concentração do contaminante que foi retida pelo solo (LANGE et al., 2002; SOUZA et al., 2006).

Empregando-se as concentrações de Li em solução e adsorvida ao solo, fez-se então, o ajuste das isotermas de Freundlich nos modelos linear e potencial. Para tal, foram pesadas em balança de precisão 2,0g de TFSE do solo analisado, os quais foram transferidas para erlenmeyers e adicionados 10 mL de solução de Cloreto de Lítio (LiCl_2) nas concentrações de 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 5,0 e 10,0 mg L^{-1} , preparadas em Cloreto de Cálcio (CaCl_2) (0,01 mol L^{-1}) como eletrólito-suporte, conforme recomendado por Chaves et al. (2008). As concentrações utilizadas no estudo basearam-se nas resoluções CONAMA e nos valores de referência para o elemento estudado no solo e na água subterrânea. Tomou-se como base os valores de referência no solo e na água, pois uma vez que o elemento não se encontra adsorvido no complexo de troca do solo, estará disponível em solução para ser lixiviado, podendo atingir os aquíferos proporcionando a contaminação de águas subterrâneas.

O solo e as soluções foram acondicionados em erlenmeyers e, posteriormente, colocadas em uma mesa orbital. Os erlenmeyers contendo o solo e as soluções foram agitados continuamente, a 60 rpm, por um período de 24h, conforme Abreu et al. (2011). Após o período de agitação na mesa orbital, o conteúdo dos erlenmeyers foi transferido para tubos de centrífuga e, por um período de 15 min foram centrifugadas a 1200 rpm, com a finalidade de separar a solução sobrenadante. As soluções sobrenadantes foram acondicionadas em frascos de vidro devidamente limpos com uma solução de ácido nítrico, seguidas de lavagem com água deionizada. As concentrações de Li foram determinadas no Laboratório de Geoquímica Ambiental do DCS-UFLA. As concentrações de Li adsorvidas no solo estudado foram obtidas pela diferença entre as concentrações inicial e de equilíbrio das soluções aplicadas e dos sobrenadantes, respectivamente (Equação 1).

$$S = (C_i - C_f) \frac{\text{Vol}}{m} \quad \text{Equação (1)}$$

em que:

S = concentração do elemento adsorvido ao solo (mg kg^{-1});

C_i e C_f = concentração inicial e final do Li em solução (mg L^{-1});

m = massa de TFSE (kg); e

Vol = volume de solução adicionada à cubeta.

A isoterma de Freundlich pode ser expressa pelos modelos potencial e linear. O modelo potencial é descrito pela Equação 2.

$$S = K_f C^N \quad \text{Equação (2)}$$

em que:

C = concentração do soluto em solução (mg L^{-1});

K_f e N = coeficiente e expoente da isoterma de Freundlich.

Quando o expoente N for unitário, tem-se uma isoterma linear que corresponde a um caso especial da isoterma de Freundlich (FREEZE e CHERRY, 1979). Nesse caso, de acordo com Arantes et al. (2006) e Correia et al. (2010), o coeficiente de proporcionalidade da isoterma de Freundlich é chamado de coeficiente de partição (K_d) (Equação 3).

$$S = K_d C \quad \text{Equação (3)}$$

De posse dos resultados do ensaio de sorção, ajustou-se as isotermas de sorção aos modelos potencial e linear, empregando na estimativa dos parâmetros dos modelos o método de minimização da soma dos quadrados dos desvios. Com base no coeficiente angular das isotermas de sorção ajustadas, ou seja, do coeficiente de partição (K_d), fez-se a determinação do respectivo fator de retardamento do elemento traço estudado para o solo, empregando-se para tal a Equação 4.

$$R = 1 + \frac{D_s}{P} K_d \quad \text{Equação (4)}$$

em que:

P = porosidade total do solo (m^3 de poros m^{-3} de solo); e

D_s = massa específica do solo ($kg\ m^{-3}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises física e química do solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Ijaci-MG.

Tabela 1: Características físicas e químicas do solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Ijaci-MG.

Distribuição granulométrica (%)			D_p	D_s	K_0	CTC	pH	K	Ca	Mg	H+Al	MO
Areia	Silte	Argila	$kg\ m^{-3}$	$m\ d^{-1}$	$cmol_c\ dm^{-3}$			$mg\ dm^{-3}$		$cmol_c\ dm^{-3}$		$dag\ kg^{-1}$
15	68	17	2630	1510	0,42	2,56	5,9	14,34	0,43	0,09	2,00	0,51

Em que: pH = potencial hidrogeniônico; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; MO = matéria orgânica; D_p = massa específica de partículas; D_s = massa específica do solo; K_0 = condutividade hidráulica do solo saturado; CTC = capacidade de troca catiônica.

Observou-se para o solo do da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Ijaci-MG uma alta porcentagem da fração silte, correspondente a 68%. O solo foi classificado como de textura média, como também classificado por Oliveira et al. (2014), em estudo semelhante, o solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos de Lavras - MG.

Essa condição pode ocasionar problemas no uso e manejo do solo, uma vez que tal fração, quando submetida a ações pluviométricas e ciclos alternados de umedecimento e secagem, pode formar uma camada selada, que dificulta a infiltração de água e emergência de plântulas (RESENDE et al., 1999) favorecendo, assim, o aumento do escoamento superficial e lixiviação do chorume oriundo da decomposição dos resíduos sólidos.

O baixo teor de argila (17%) contribui para uma menor CTC e, conseqüentemente, menor capacidade de adsorção de metais (KORF et al., 2008). Segundo Rocca et al. (1993), para fins de disposição de resíduos sólidos urbanos o solo deve conter teores de argila em torno de 56 a 62%.

Pelo valor da CTC apresentado, $2,56\ cmol_c\ dm^{-3}$, o solo avaliado é caracterizado como gibbsítico/oxídico ($1,61 < CTC < 4,3\ cmol_c\ dm^{-3}$) com baixa capacidade de retenção de cátions. Como também classificados por Oliveira et al. (2014), em estudo semelhante, os solos das antigas áreas de disposição de resíduos sólidos de Campo Belo - MG, Lavras - MG e Pouso Alegre - MG.

Com relação à matéria orgânica, Ciotta et al. (2003) verificou que, mesmo em pequena quantidade, há um reflexo positivo da presença de matéria orgânica na CTC do solo. Apesar de baixa, a quantidade de matéria orgânica no solo em estudo conferiu um aporte de cargas, o que pode explicar os valores da CTC.

O aumento do pH dos solos com cargas elétricas variáveis modifica a superfície de cargas dos colóides, regulando a magnitude da adsorção nesses solos (CASAGRANDE et al., 2004; ARIAS et al., 2005). Em geral,

a adsorção de íons metálicos é pequena em baixos valores de pH, e em altos valores de pH, os íons metálicos são completamente retidos (BRADL, 2004).

Segundo Paye et al. (2010) solos ácidos (pH abaixo de 7,0), favorecem a solubilização e mobilização de metais pesados na solução do solo e, por extensão, as perdas desses elementos por lixiviação. Com o ambiente acidificado, a liberação de H^+ propicia uma menor interação de cargas positivas com o solo (CAMPOS, 2010), contribuindo para a redução do poder de retenção do solo.

Assim cuidados redobrados deverão ser tomados com relação à antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos do município de Ijaci-MG, cujo pH do solo é 5,9.

Oliveira et al. (2010a e 2010b) e Costa (2013) verificaram a adsorção máxima de metais pesados nos solos estudados, correlacionando positivamente com a CTC e com os teores de teores de argila, de silte, de óxidos de ferro e de alumínio, sendo ainda altamente dependente do pH.

A Tabela 2 apresenta o ajuste dos parâmetros da isoterma de Freundlich para os modelos linear e potencial, bem como os fatores de retardamento para o lítio.

Tabela 2: Parâmetros ajustados da isoterma de Freundlich e fator de retardamento para o lítio.

K_d	r^2	K_f	N	r^2	R
1,5688	0,9819	3,1065	0,6261	0,9860	6,56

Observou-se um bom ajuste das isotermas de Freundlich, com coeficientes de determinação (r^2) próximos de 1,0, como se pode observar na Figura 1. De modo geral, a isoterma potencial apresentou melhor ajuste quando comparada à linear.

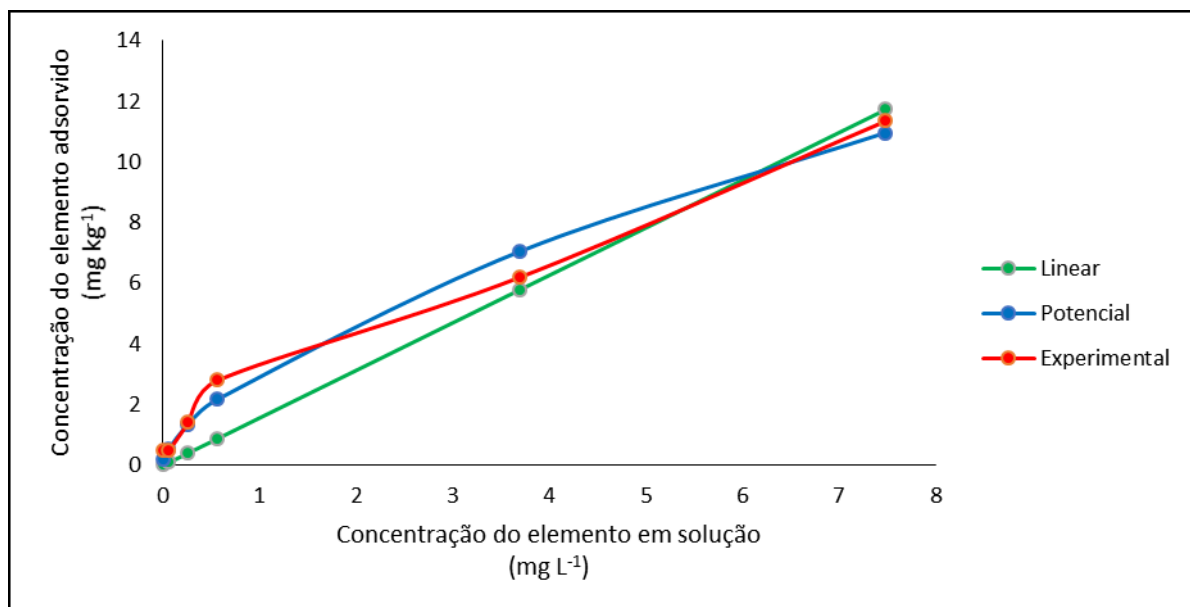


Figura 1: Isotermas de sorção do Li no solo da antiga área de disposição final de resíduos sólidos urbanos do município de Ijaci-MG.

O coeficiente K_d reflete a energia de ligação (Gonçalves et al., 2013; Oliveira et al., 2013) demonstrando que a maior parte dos sítios de adsorção possui alta afinidade pelo elemento traço avaliado, o que aumenta sua fixação no solo, reduz sua movimentação e disponibilização para o ambiente, que segundo Linhares et al. (2009) apresenta uma importância significativa em estudos ambientais.

Com base no K_d , determinou-se o valor do fator de retardamento (R) cujo resultado (Tabela 2) permitiu inferir a respeito da sorção e da potencialidade de lixiviação do elemento traço estudado.

Oliveira et al. (2014), em estudo semelhante, observou que entre os elementos estudados, o Li, por ser o elemento que apresentou a menor sorção nos solos estudados, apresentou o maior potencial de contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Os valores de R obtidos no presente trabalho foram inferiores ao valor observado no trabalho citado, confirmando a potencialidade de contaminação do solo e das águas subterrâneas da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos do município de Ijaci-MG por lítio.

Em relação à constante Kf, constante indicativa da capacidade relativa de sorção do sorvente, e N, as seguintes observações são importantes: quanto maior for o valor de Kf maior é a afinidade do adsorvente pelo adsorvato (RENGARAJ e MOON, 2002). Já em relação ao parâmetro N, valores de n maiores do que 1 geram uma isoterma de adsorção favorável ou extremamente favorável (BILGILI, 2006).

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os modelos empregados para descrever as isotermas de sorção apresentaram um bom ajuste, permitindo, na faixa das concentrações estudadas, a sua utilização na previsão de retenção do Li no solo estudado.

O solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Ijaci-MG apresenta vulnerabilidade de contaminação do solo e, conseqüentemente, das águas subterrâneas por lítio.

Cuidados deverão ser tomados com relação à antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos do município de Ijaci-MG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, L.B., ARAÚJO, E.F., CURI, N., MARQUES, J.J. Determinação do teor total de elementos-traço em solos sob eucalipto na depressão central, Rio Grande do Sul. Bras. Agrociência, v.18, n.1-4, p.33-34, 2012.
2. ANICETO, K.C.P., HORBE, A.M.C. Solos urbanos formados pelo acúmulo de resíduos em Manaus, Amazonas, Brasil. Acta Amazônica, v.42, n.1, p.135-148, 2012.
3. ARIAS, M., PÉREZ-NOVO, C., OSORIO, F., LÓPEZ, E., SOTO, B. Adsorption and desorption of copper and zinc in the surface layer of acid soils. Colloid and Interface Science, v.288, n.1, p.21-29, 2005.
4. BILGILI, M. S. Adsorption of 4-chlorophenol from aqueous solutions by xad-4 resin: Isotherm, kinetic, and thermodynamic analysis. Journal of Hazardous Materials, v.137, n.1, p.157-164, 2006.
5. BRADL, H.B. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. Journal of Colloid and Interface Science, v.217, p.1-18, 2004.
6. CAMPOS, M. C. C. Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais. Ambiência, v.6, n.3, p.547-565, 2010.
7. CASAGRANDE, J. C., ALLEONI, L. R. F., CAMARGO, O. A., ARNONE, A. D. Effects of pH and ionic strength on zinc sorption by a variable charge soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.35, n.15-16, p.2087-2095, 2004.
8. CIOTTA, M. N., BAYER, C., FONTOURA, S. M. V., ERNANI, P. R., ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. Ciência Rural, v.33, n.6, p.1161-1164, 2003.
9. COSTA, W. P. L. B. Metais pesados em solos do Rio Grande do Norte: valores de referência de qualidade e relações geopedológicas. 2013. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Pernambuco, 2013.
10. FREEZE, A., CHERRY, J. A. Groundwater. New Jersey: Prentice-Hall; Englewood Cliffs, 1979. 604p.
11. GONÇALVES, M. S., BETTIN, J. P., SILVA JUNIOR, L. C. S., SAMPAIO, S. C., DAL BOSCO, T. C. Adequação dos modelos de Langmuir e Freundlich na adsorção de cobre em solo argiloso do sul do Brasil. Holos, v.4, n.29, p.37-44, 2013.

12. 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 urbanos de Passo Fundo-RS. *Revista de Ciências Ambientais*, v.2, n.2, p.43-60, 2008.
13. LIMA, C.V.S., MEURER, E.J. Elementos-traço no solo, nas águas e nas plantas de uma lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul. *Revista de Estudos Ambientais*, v.15, n.1, p.20-30, 2013.
14. LIU, Y., CAO, Q., LUO, F., CHEN, J. *Biosorption of Cd²⁺, Cu²⁺, Ni²⁺ and Zn²⁺ ions from aqueous solutions by pretreated biomass of brown algae. Journal of Hazardous Materials*, v.163, n.2-3, p.931-938, 2009.
15. MACHADO, M.E., MENEZES, J.C.S.S., COSTA, J.F.C.L., SCHNEIDER, I.A.H. Análise e avaliação da distribuição de metais pesados em um antigo aterro de resíduos sólidos urbanos “Aterro Invernadinha”. *Evidência*, v.11, n.2, p.69-82, 2011.
16. MARTINS, D., SILVA, L.E., AMARAL, W. Contaminação do solo por Cu, Cr, Pb e Zn no entorno do porto de Paranaguá, Paraná. *R. Gest. Sust. Ambient.*, v.8, n.1, p.265-289, 2019.
17. MEDINA, E.F., PIRES, J.M.M., OLIVEIRA, F.S.D., SILVA, B.E.C. Seleção de solos da região de Viçosa para utilização como barreira química para metais pesados. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v.4, n.3, p. 349-352, 2018.
18. MENEZES, J.P.C., OLIVEIRA, L.F.C., GENEROSO, C.M., FRANCO, C.S., FIA, R., FIA, F.R.L. Mobilidade de metais pesados em solos de disposição de resíduos sólidos urbanos. *Ambiência*, v.12, 2016.
19. NAGASHIMA, L.A., BARROS JÚNIOR, C., SILVA, C.A., FUJIMURA, A.S. Avaliação dos níveis de metais pesados em efluente líquido percolado do aterro sanitário de Paranavaí, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum. Health Sciences*, v.31, n.1, p.1-8, 2009.
20. OLIVEIRA, F.C., MATTIAZZO, M.E. Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. *Scientia Agrícola*, v.58, n.4, p.807-812, 2001.
21. OLIVEIRA, L. F. C., LEMKE DE CASTRO, M. L., RODRIGUES, C., BORGES, J. D. Adsorção e deslocamento do íon cádmio em solos do cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.8, p.848-855, 2010a.
22. OLIVEIRA, L.F.C., LEMKE DE CASTRO, M.L., RODRIGUES, C., BORGES, J.D. Isotermas de sorção de metais pesados em solos do cerrado de Goiás. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.7, p.776-782, 2010b.
23. OLIVEIRA, L.F.C., NOGUEIRA, J.G., FRIZZARIM, S.S., FIA, R., FREITAS, J.S., FIA, F.R.L. Sorção e mobilidade do lítio em solos de áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.18, n.2, p.139-148, 2013.
24. OLIVEIRA, L.F.C., FREITAS, J.S., GENEROSO, C.M., FIA, R. Sorção de elementos traços em solos de áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. *Revista Ambiente e Água*, v.9, n.2, 2014.
25. PIERANGELI, M.A.P., GUILHERME, L.R.G., CURI, N., COSTA, E.T.S., LIMA, J.M., MARQUES, J.J.G.S.M., FIGUEIREDO, L.F. Comportamento sortivo, individual e competitivo, de metais pesados em Latossolos com mineralogia contrastante. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.4, p.819-826, 2007.
26. RENGARAJ, S., MOON, S. H. *Kinetics of adsorption of Co(II) removal from water and wastewater by ion exchange resins. Water Research*, v.36, n.7, p.1783-1793, 2002.
27. RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S.B., CORRÊA, G.F. (1999) *Pedologia: base para distinção de ambientes*. Viçosa: NEPUT. 367p.
28. ROCCA, A.C.C., IACOVONE, A.M.M.B., BARROTTI, A.J., CASARINI, D.C.P., GLOEDEN, E., STRAUS, E.L. (1993) *Resíduos sólidos industriais*. 2 ed. São Paulo: CETESB. 234p.
29. SOUZA, F. B., SOUZA, S. M. A. G. U., SOUZA, A. A. U., COSTA, C. A. E., BOTELHO, C. M. S., VILAR, V. J. P., BOAVENTURA, R. A. R. *Modeling of trivalent chromium speciation in binding sites of marine macroalgae Sargassum cymosum. Clean Technology Environment Policy*, v.15, n.6, p.987-997, 2013.



30. ZULIANI, D.Q., ABREU, L.B., CURI, N., CARVALHO, G.S., COSTA, A.M., MARQUES, J.J. Elementos-traço em águas, sedimentos e solos da bacia do Rio das Mortes, Minas Gerais. *Holos*, v.4, p.308-326, 2017.