



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Brasil

Santana, Otacílio A.; Encinas, José I.

Composição química do solo e da água subterrânea em áreas adjacentes a aterros sanitários

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 4, núm. 3, julio-septiembre, 2009, pp. 318-328

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119012585015>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

AGRÁRIA
Revista Brasileira de Ciências Agrárias
v.4, n.3, p.318-328, jul-set., 2009
Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br
Protocolo 318 - 28/01/2008 • Aprovado em 19/05/2009

Otacílio A. Santana¹

José I. Encinas²

Composição química do solo e da água subterrânea em áreas adjacentes a aterros sanitários

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido em áreas adjacentes a aterros sanitários e o objetivo de: I) quantificar a concentração de nutrientes, metais pesados e outras variáveis abióticas no solo e na água subterrânea; II) determinar o conjunto de variáveis significativas amostradas pelos seus vetores, na análise de componentes principais; e III) descrever a variação espacial (0 a 500m) a variação dessas concentrações. Três parcelas de 25 x 500 m foram localizadas e subdivididas em 30 subparcelas de 50 x 25 m, onde foram coletadas ao centro de cada subparcela, a 20 cm de profundidade, para quantificação dos elementos e parâmetros físicos. As concentrações das variáveis abióticas estudadas foram maiores em subparcelas próximas aos aterros, reduzindo seus valores para subparcelas mais distantes. Valores de concentrações das variáveis abióticas foram maiores nas parcelas estabelecidas próximas ao aterro, resultante do aumento de matéria orgânica e óxidos de alumínio e ferro nas proximidades dos aterros, foram as variáveis determinantes para o agrupamento pelos vetores.

Palavras-chave: aterro sanitário, contaminação, lixo doméstico

Chemical composition of soil and groundwater in areas adjacent to sanitary landfills

ABSTRACT

The present work was carried out in areas adjacent to sanitary landfills and control to quantify nutrients, heavy metals and abiotic variables concentration in soil and ground water. The objective was: I) to determine the significant variables set and to schedule the sampled areas by vectors pal component analysis; and III) to describe in a spatial gradient (from 0 to 500 m) these concentrations. Three plots (25x500 m) were located and subdivided in 30 subplots where soil samples were collected in a central point, at 20 cm of depth, in order to determine the concentrations of the elements and physical parameters. The concentrations of the studied abiotic variables were higher in subplots nearby the landfills, reducing the values towards more distant subplots. At the abiotic variables were higher in plots nearby the landfills than in control areas, pH, resulting from the increase in organic matter and oxides of aluminum and iron nearby the landfills, were determinant variables for the subplots grouping by vectors.

Key words: sanitary landfill, contamination, domestic waste

¹Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais. Endereço para correspondência: SQN 209 Bloco I Aplo 410, Asa Norte, 70.854-090 Brasília, DF. Fone: (61) 3349-1750. E-mail: otacilio.santana@gmail.com

²Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal. Caixa Postal: 04357, 70919-970, Brasília, DF. Fone: (61) 3107-5620. E-mail: imana@unb.br

INTRODUÇÃO

A poluição do solo e de águas superficiais e subterrâneas provocada por resíduos sólidos urbanos é motivo de preocupação em todo o mundo, principalmente nos países industrializados, tendo em vista o reconhecido potencial poluidor e o grande volume de resíduos gerados diariamente (Costa & Costa, 2004). A possibilidade de contaminação ambiental, associada à necessidade de grandes áreas para a disposição e tratamento, tornou a solução do problema do lixo urbano um dos mais sérios desafios para as administrações públicas.

Os efeitos da poluição ambiental são muito mais complexos e difusos do que se poderia avaliar de início; suas consequências, além de disseminadas, podem ser também cumulativas e crônicas, tornando mais complexa a ação de despoluir (Castagnino, 2006). Uma fonte poluidora exerce efeitos de diferentes dimensões sobre a biosfera e a biota, atingindo, consequentemente, o solo e as águas (Costa & Costa, 2004).

Os resíduos sólidos são considerados a expressão mais visível e concreta dos riscos ambientais, ocupando um importante papel na estrutura de saneamento de uma comunidade urbana e, consequentemente, nos aspectos relacionados à saúde pública. Além das consequências para a saúde comunitária, deve-se considerar ainda o impacto que a disposição inadequada desses resíduos provoca no solo, nos recursos hídricos e consequentemente na vegetação (Brasil, 2002).

Sisinno (2003) observou alterações nas características físicas e químicas do solo em regiões adjacentes a aterros sanitários, fenômeno este também constatado por Santana & Imaña-Encinas (2004). Essas mudanças são diretamente aferidas pelos aumentos das concentrações de alguns elementos químicos. Santana & Imaña-Encinas (2005) observaram aumento significativo de nutrientes (nitrogênio, alumínio, cálcio e potássio), no solo e em águas subterrâneas, principalmente em regiões bem próximas aos depósitos de lixo. Sisinno (2003) também reportou aumento da concentração de metais pesados no solo e no lençol freático, inclusive com consequências para a saúde humana.

Estes resultados se devem principalmente a falta de manejo e manutenção dos aterros a partir de sua implementação (Yen & Scanlon, 1975), somados com a alta porosidade, permeabilidade, e drenagem, típicas de solos arenosos ou interperídezados, a exemplo dos solos do Cerrado (Adamoli et al., 1986; Juhasz et al., 2007).

Neste sentido, os objetivos desse trabalho foram: i) quantificar as concentrações de nutrientes, metais pesados e variáveis abióticas do solo e da água subterrânea em áreas de aterros sanitários; ii) descrever ao longo de um gradiente no aterro a variação dessas concentrações; iii) quantificar a importância relativa de cada variável analisada; e iv) comparar as áreas estudadas com áreas controle adjacentes.

va: uma no Parque Nacional de Brasília, a 15 km do aterro do Jockey Club de Brasília ($15^{\circ}45'56.56"S$ e $47^{\circ}59'49.69"$), denominada BSB; e outra a 15 m do aterro do Parque Nacional de Brasília, a 15 km de Goiânia ($16^{\circ}39'09.77"S$ e $49^{\circ}23'37.08"W$ SAD 69), denominada GYN, localizada na Chácara São Joaquim. Para garantir controle outras duas áreas foram estabelecidas: uma no próprio Parque Nacional de Brasília, distante 1,5 km do aterro (BSB – Controle: $15^{\circ}38'11.45"S$ e $48^{\circ}01'55.61"W$ SAD 69), e outra em Goiânia na área do Campus II da Universidade Católica de Goiás (GYN – Controle: $16^{\circ}39'12'46.48"W$ SAD 69), distante também aproximadamente 1,5 km do aterro.

O aterro do Jockey Club de Brasília foi criado em 1983 e atualmente recebe diariamente cerca de 1.800 toneladas de resíduos domiciliares (SLU, 2007). O aterro Samambaia entrou em funcionamento em 1983 e atualmente recebe diariamente cerca de 1.200 toneladas de resíduos domiciliares de Goiânia, 2007).

As áreas escolhidas situam-se na região Centro-Oeste, com clima Aw, em Brasília, e Cwa, em Goiânia, de acordo com a classificação de Köppen. A pluviosidade anual e a temperatura média anual são de 1.440 mm e 22°C, respectivamente, para as duas áreas. Duas estações são definidas para Goiânia: uma úmida e chuvosa, de outubro a março, e seca, de abril a setembro.

As altitudes das áreas de amostragem foram registradas: BSB – Controle 838 m; GYN 1115 m e GYN – Controle 1115 m. As declividades das parcelas nas áreas amostradas não ultrapassam 15%, correspondendo a um relevo suave.

Os solos nas regiões estudadas tanto em Goiânia quanto em Brasília foram classificados como Latossóis e Latossóis distróficos, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Silva et al., 2003; Embrapa, 2006).

A análise granulométrica das duas áreas amostradas apresentou valores aproximados de 380 g kg^{-1} para silte e 438 g kg^{-1} para areia, com diâmetro ponderado de 2,81 mm, apresentando alta taxa de infiltração hídrica, cerca de 90 cm h^{-1} (Santana & Imaña-Encinas, 2005).

As quatro áreas amostradas estão cobertas por vegetação típica de Cerrado, conforme classificação feita por Eiten (2001). Os critérios para escolha das áreas amostradas foram: i) o mesmo tipo de solo, e ii) a densidade de vegetação nativa semelhante a das áreas próximas a depósitos de resíduos domiciliares.

Nos depósitos de resíduos domiciliares existentes, três áreas controle foram estabelecidas três parcelas de 25 x 25 m, de comprimento, que foram divididas em duas subparcelas de 25 x 12,5 m, onde foram coletados os dados (Figura 1). O espaçamento entre as parcelas foi de 1 m. A subparcela foi denominada com um número. O procedimento foi realizado para a área controlada, e a área inicial das parcelas foi determinada de forma a garantir que a amostragem fosse representativa.

Os pontos de amostragem de solo e de água subterrânea seguiram a metodologia proposta por Carter (1990).

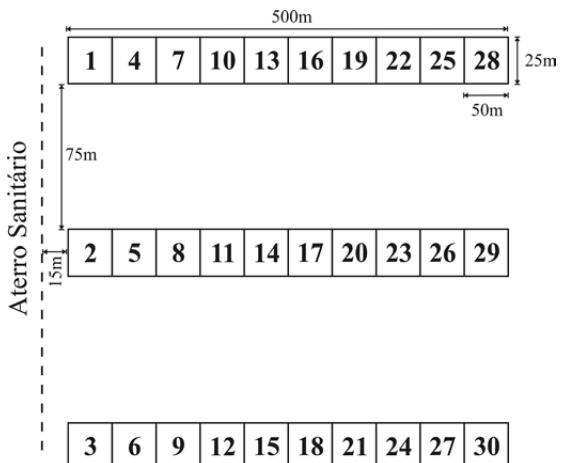


Figura 1. Parcelas e subparcelas (1 a 30) de amostragem dos dados, na proximidade dos depósitos de resíduos domiciliares e áreas controle. Adaptado de Margurau (1988) e Carter (1993)

Figure 1. Plots and subplots for data sampling, nearby sanitary landfills and control areas. Adapted from Margurau (1998) and Carter (1993)

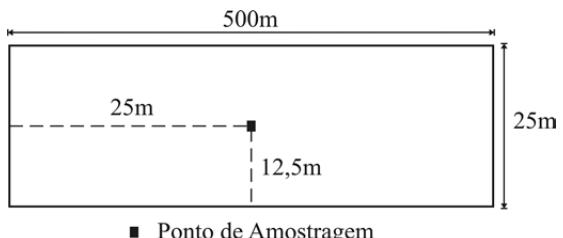


Figura 2. Subparcela e ponto de amostragem de solo e água subterrânea

Figure 2. Subplot and soil and groundwater sample location

por 24 horas, para eliminação de metais interferentes (Voegborlo et al., 1999).

Para a coleta de amostras de solo, foram utilizados instrumentos de jardinagem de teflon. Para o armazenamento do material foram utilizadas caixas de polietileno providas de Tampa (28 x 40 x 12 cm).

Em cada um dos pontos delimitados foi coletada uma amostra de solo de aproximadamente 500 g, até 20 cm de profundidade, seguindo a metodologia de Carter (1993). Todas as amostras de solo foram secas a 110°C e peneiradas (< 2mm). A água subterrânea foi coletada por um tubo de PVC com uma fina mangueira em seu interior (Figura 3), conectado no final por um filtro semipermeável. Através de uma bomba de sucção foi criado um potencial negativo de -10 kPa (vácuo na mangueira), fazendo com que a água subterrânea e lixiviada do solo

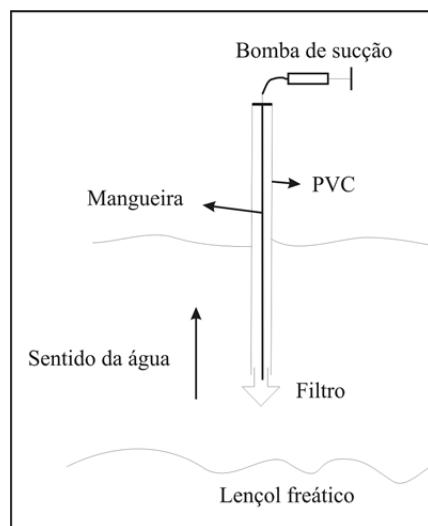


Figura 3. Processo de retirada de água subterrânea

Figure 3. Process for groundwater sampling

As coletas de solo e da água subterrânea foram realizadas de novembro de 2004 a dezembro de 2005, em épocas com precipitações maiores que 0,9mm, ou anteriormente (Schmidt et al., 1995). No total foram 120 pontos amostrados nas áreas estudadas, 60 em áreas próximas ao aterro e 60 em áreas controle.

A concentração nitrogênio total (Nt) foi determinada por um analisador CNS (Ferreras et al., 2001). A passividade em HNO₃ e HClO₄, as concentrações totais de magnésio, cálcio, potássio, magnésio e zinco do solo foram medidas por um espectrômetro; P por um espectrômetro de absorção atômica (AES)(Carneiro et al., 2001). Para os metais pesados como cobre, cromo, ferro, mercúrio, manganês e zinco foram utilizados espectrômetro de emissão de plasma de plasma (ICP/AES) (Fontanelli et al., 2001). A medição do pH foi realizada em medidor de pH digital (DANI DMPH-2) combinado com um eletrodo de vidro e titulação com ácidos orgânicos (MO – carbono oxidável) pelo método de Walkley-Black (Isoldi et al., 2003).

A análise de componentes principais (ACP) foi realizada para reduzir as 16 variáveis amostradas nas parcerias da matriz de correlação dessas variáveis, utilizando o programa PC-ORD 4.0 (McCune & Mefford, 1999).

Ajustes lineares dos pontos de dispersão entre as interações químicas e as distâncias das subparcelas foram utilizados para o cálculo do coeficiente de determinação (R²) pelo programa Statistic 5.1 (StatSoft, 1997).

Composição química do solo e da água subterrânea em áreas adjacentes a aterros sanitários

Tabela 1. Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais no solo em subparcelas do aterro do Jockey Club de Brasília e no controle

Table 1. Mean values (\pm standard deviation) of soil environmental variables in the subplots of the Brasilia Jockey Club Landfill and in the control

Variável Ambiental	Distância do aterro (m)										Média
	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500	
pH em H ₂ O	6,3 ±0,33	5,8 ±0,52	6,1 ±0,31	5,5 ±0,18	5,5 ±0,41	5,4 ±0,34	5,4 ±0,18	5,1 ±0,71	4,8 ±0,30	4,9 ±0,19	5,0
MO (%)	4,18 ±10,15	5,12 ±7,30	3,56 ±4,26	3,71 ±5,19	3,14 ±14,51	3,12 ±9,17	3,30 ±1,49	3,20 ±3,25	2,96 ±5,36	2,93 ±4,12	3,00
Nt (%)	0,84 ±0,05	0,83 ±0,10	0,78 ±0,17	0,63 ±0,02	0,61 ±0,16	0,5 ±0,11	0,51 ±0,051	0,52 ±0,06	0,54 ±0,21	0,55 ±0,10	0,50
P (mg/100g)	9,73 ±1,12	8,54 ±0,71	7,66 ±0,87	5,12 ±0,67	4,13 ±0,21	3,01 ±1,02	2,12 ±0,51	1,05 ±0,14	2,12 ±0,96	1,07 ±0,41	4,00
K (mg/100g)	15,86 ±2,15	13,94 ±1,48	13,21 ±0,98	10,07 ±0,48	10,15 ±1,25	9,65 ±0,47	5,32 ±0,57	4,55 ±1,25	4,12 ±0,99	5,17 ±1,1	9,00
Ca (mmolc/kg)	6,53 ±0,87	7,01 ±0,97	7,14 ±1,15	7,26 ±1,23	3,21 ±0,87	4,58 ±1,45	4,19 ±1,16	3,19 ±1,57	2,17 ±1,49	2,51 ±1,23	4,00
Mg (mmolc/kg)	11,65 ±2,36	10,27 ±2,05	9,45 ±1,25	9,18 ±0,54	9,16 ±0,78	8,13 ±0,36	8,57 ±0,79	8,19 ±1,45	8,02 ±1,13	5,36 ±0,99	8,00
Al (mmolc/kg)	8,24 ±1,25	7,14 ±1,36	8,88 ±1,11	8,16 ±0,82	9,57 ±0,45	10,19 ±0,77	10,06 ±0,97	11,95 ±2,15	9,18 ±2,15	9,16 ±1,57	9,00
Fe (mg/L)	8,01 ±2,15	8,15 ±1,89	7,21 ±1,57	5,61 ±2,49	5,14 ±1,57	6,22 ±0,99	5,17 ±0,85	4,19 ±1,11	5,01 ±1,10	5,55 ±0,79	6,00
Hg (µg/L)	<0,2 0	<0,1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	<0,05
Cu (mg/L)	2,71 ±0,54	2,65 ±0,57	2,11 ±0,69	2,11 ±1,23	1,55 ±1,01	1,41 ±0,98	0,79 ±0,45	0,93 ±0,45	0,88 ±0,42	0,84 ±0,18	—
Pb (mg/L)	0,45 ±0,01	0,45 ±0,09	0,46 ±0,07	0,51 ±0,06	0,18 ±0,07	0,35 ±0,01	0,33 ±0,01	0,35 ±0,06	0,19 ±0,09	0,25 ±0,06	0,00
Cd (mg/L)	0,22 ±0,01	0,2 ±0,11	0,2 ±0,09	0,1 ±0,01	0,13 ±0,01	0,04 0	0,05 ±0,01	0,1 ±0,01	0,09 ±0,05	0,09 ±0,01	0,00
Mn (mg/L)	8,96 ±0,89	8,45 ±1,06	8,56 ±1,25	7,18 ±0,99	7,12 ±1,45	7,05 ±1,13	6,54 ±0,48	6,14 ±0,33	6,24 ±0,48	6,18 ±1,09	7,00
Zn (mg/L)	1,79 ±0,51	2,01 ±0,29	1,98 ±0,99	1,83 ±0,78	1,01 ±0,55	1,05 ±0,05	1,01 ±0,19	1,01 ±0,21	1,06 ±0,33	1,1 ±0,41	1,00
Cr (mg/L)	4,3 ±0,99	2,98 ±1,15	2,24 ±0,47	2,48 ±0,54	2,1 ±0,54	1,99 ±0,57	1,77 ±0,47	2,01 ±1,00	2,16 ±0,89	1,45 ±0,56	2,00

Tabela 2. Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais no solo em subparcelas do aterro sanitário de Goiânia e no controle

Table 2. Mean values (\pm standard deviation) of soil environmental variables in the subplots of the Goiania Sanitary Landfill and in the control

Variável Ambiental	Distância do aterro (m)										Média
	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500	
pH em H ₂ O	5,9 ±0,14	6 ±0,47	5,9 ±0,38	5,1 ±0,24	5,5 ±0,13	5,6 ±0,17	5,1 ±0,24	4,7 ±0,51	4,8 ±0,26	4,5 ±0,15	5,0
MO (%)	5,42 ±10,27	4,23 ±12,35	3,01 ±8,03	2,96 ±7,86	3,17 ±7,99	3,04 ±10,5	3,04 ±9,25	3,31 ±8,19	2,71 ±15,26	2,71 ±11,15	3,00
Nt (%)	0,97 ±0,12	0,78 ±0,34	0,66 ±0,37	0,67 ±0,09	0,71 ±0,15	0,62 ±0,06	0,6 ±0,18	0,63 ±0,22	0,59 ±0,11	0,45 ±0,19	0,60
P (mg/100g)	8,88 ±1,18	8,01 ±2,16	6,14 ±1,48	6,21 ±0,24	6,13 ±1,48	5,14 ±1,50	5,04 ±0,77	3,69 ±0,41	3,57 ±0,78	3,01 ±0,99	5,00
K (mg/100g)	13,21 ±2,45	13,21 ±5,14	12,45 ±2,49	9,66 ±3,15	9,14 ±1,58	6,18 ±1,48	6,29 ±1,02	6,18 ±0,64	3,01 ±0,98	4,17 ±0,77	8,00
Ca (mmolc/kg)	5,98 ±1,25	5,06 ±1,26	4,99 ±0,98	5,19 ±2,15	4,16 ±1,48	3,29 ±1,59	3,47 ±1,11	3,56 ±0,48	3,49 ±0,25	3,17 ±0,42	4,00
Mg (mmolc/kg)	14,65 ±3,15	12,37 ±3,15	8,49 ±2,15	7,65 ±1,77	5,19 ±1,15	5,48 ±1,49	5,49 ±0,48	55,78 ±0,19	5,36 ±1,16	4,98 ±2,01	1,00
Al (mmolc/kg)	1,06 ±0,45	5,19 ±0,35	4,16 ±1,21	3,48 ±0,89	4,19 ±2,10	2,19 ±1,15	2,17 ±0,94	2,48 ±0,98	3,01 ±0,36	3,29 ±0,73	3,00
Fe (mg/L)	5,26 ±1,25	4,29 ±1,13	3,24 ±0,94	7,19 ±0,88	4,18 ±0,49	4,36 ±1,25	5,42 ±2,25	5,26 ±0,463	4,19 ±1,15	3,77 ±1,11	4,00
Hg (µg/L)	<0,1 0	<0,1 0	<0,1 0	<0,1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	<0,05
Cu (mg/L)	1,65 ±0,54	1,55 ±0,49	0,77 ±0,35	0,55 ±0,09	0,24 ±0,12	0,19 ±0,01	0,18 ±0,06	0,27 ±0,07	0,33 ±0,07	0,14 ±0,13	0,14 ±0,05
Pb (mg/L)	0,49 ±0,01	0,55 ±0,15	0,52 ±0,11	0,39 ±0,21	0,36 ±0,09	0,37 ±0,07	0,22 ±0,16	0,22 ±0,01	0,22 ±0,07	0,21 ±0,08	0,00
Cd (mg/L)	0,11 ±0,02	0,1 ±0,05	0,08 ±0,03	0,07 ±0,02	0,08 ±0,008	0,09 ±0,04	0,07 ±0,01	0,06 ±0,02	0,05 ±0,04	0,05 ±0,03	0,00
Mn (mg/L)	6,54 ±6,54	6,34 ±6,21	6,21 ±6,19	6,19 ±6,15	6,1 ±6,04	6,04 ±5,19	5,19 ±5,48	5,19 ±5,19	5,19 ±5,48	5,19 ±5,19	5,19

Tabela 3. Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais na água subterrânea em subparcelas do aterro do Jockey Club de Brasília**Table 3.** Mean values (\pm standard deviation) of groundwater environmental variables in subplots of the Brasília Jockey Club Landfill and in the cont...

Variável Ambiental	Distância do aterro (m)									
	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500
pH em H ₂ O	8 ±0,50	7,2 ±0,61	6,6 ±0,22	6,3 ±0,15	6 ±0,32	5,9 ±0,33	5,8 ±0,24	5,5 ±0,51	5,6 ±0,4	5,5 ±0,275
MO (%)	6,90 ±1,92	4,71 ±1,12	4,52 ±2,36	3,51 ±10,10	3,23 ±6,35	2,91 ±7,45	2,82 ±5,48	2,89 ±6,15	2,70 ±4,26	2,76 ±5,19
Nt (%)	4,5 ±1,69	3,21 ±1,25	3,12 ±0,93	3,45 ±1,25	1,89 ±0,26	1,68 ±0,75	1,65 ±0,49	1,45 ±0,33	1,27 ±0,48	1,12 ±0,25
P (mg/100g)	17,3 ±6,15	16,59 ±2,48	17,14 ±2,36	15,32 ±4,21	13,21 ±3,01	10,59 ±2,15	5,46 ±2,11	5,19 ±1,25	4,65 ±1,98	4,77 ±0,46
K (mg/100g)	19,1 ±6,59	16,15 ±4,84	15,21 ±4,96	14,12 ±3,99	12,06 ±3,01	10,07 ±2,79	7,01 ±1,84	6,98 ±1,86	5,32 ±1,97	5,14 ±0,86
Ca (mmolc/kg)	15,49 ±3,65	14,23 ±8,25	12,24 ±4,65	11,54 ±5,36	10,28 ±1,25	11,19 ±2,36	13,21 ±5,18	11,2 ±2,13	12,04 ±0,99	10,14 ±0,15
Mg (mmolc/kg)	25,36 ±9,11	23,41 ±10,25	22,59 ±9,56	10,05 ±4,25	9,68 ±2,36	8,96 ±3,45	9,51 ±4,25	9,16 ±5,12	9,15 ±1,12	9,36 ±1,36
Al (mmolc/kg)	8,21 ±1,25	4,19 ±2,15	3,19 ±0,84	4,36 ±0,45	2,19 ±0,97	2,48 ±1,11	2,68 ±0,54	2,59 ±0,99	2,36 ±0,78	5,08 ±0,73
Fe (mg/L)	31,4 ±9,42	29,65 ±8,89	29,54 ±7,56	15,64 ±5,48	18,26 ±9,15	14,26 ±6,25	13,57 ±4,26	12,48 ±5,36	17,8 ±6,48	11 ±4,32
Hg (µg/L)	<0,01 0	<0,01 0	0 0							
Cu (mg/L)	0,24 ±0,57	0,51 ±1,15	0,52 ±0,15	0,41 ±0,62	0,39 ±1,11	0,51 ±0,75	0,31 ±0,49	0,4 ±0,12	0,34 ±0,60	0,38 ±0,71
Pb (mg/L)	0,13 ±0,01	0,14 ±0,04	0,12 ±0,06	0,11 ±0,09	0,09 ±0,05	0,01 0	0,06 ±0,04	0,09 ±0,02	0,02 ±0,02	0,06 ±0,01
Cd (mg/L)	<0,005 0	<0,005 0	<0,005 0	<0,005 0	<0,005 0	<0,005 0	<0,005 0	<0,005 0	<0,005 0	<0,005 0
Mn (mg/L)	5,1 ±0,99	5,08 ±1,52	5,08 ±1,55	5,03 ±0,99	5,01 ±0,59	5 ±1,11	4,97 ±1,12	4,16 ±1,09	4,1 ±0,66	4,09 ±0,32
Zn (mg/L)	0,68 ±0,24	0,68 ±0,09	0,63 ±0,03	0,65 ±0,15	0,61 ±0,21	0,59 ±0,09	0,59 ±0,06	0,58 ±0,17	0,57 ±0,19	0,57 ±0,16
Cr (mg/L)	0,15 ±0,05	0,15 ±0,01	0,13 ±0,04	0,15 ±0,02	0,11 ±0,01	0,1 ±0,03	0,09 ±0,04	0,09 ±0,01	0,08 ±0,02	0,07 ±0,02

Tabela 4. Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais na água subterrânea em subparcelas do aterro sanitário de Goiânia e no...**Table 4.** Mean values (\pm standard deviation) of groundwater environmental variables in subplots of the Goiânia Sanitary Landfill and in the cont...

Variável Ambiental	Distância do aterro (m)									
	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500
pH em H ₂ O	7,6 ±0,40	7,5 ±0,20	7,1 ±0,30	6,7 ±0,50	6,5 ±0,20	6,4 ±0,30	6,3 ±0,40	6,2 ±0,10	6,1 ±0,40	6,1 ±0,20
MO (%)	7,20 ±24,35	6,50 ±15,23	4,14 ±10,01	3,61 ±5,26	3,21 ±4,25	2,91 ±11,26	2,81 ±7,24	2,74 ±2,48	2,53 ±3,56	2,51 ±4,21
Nt (%)	7,2 ±3,20	6,5 ±2,90	6,57 ±4,50	6,25 ±2,10	6,32 ±0,90	6,15 ±0,75	6,48 ±0,49	3,21 ±1,26	3,49 ±1,26	3,49 ±0,57
P (mg/100g)	19,56 ±7,98	15,48 ±8,69	14,56 ±2,13	14,29 ±2,19	13,26 ±6,45	13,26 ±2,36	13,49 ±2,59	10,01 ±1,59	9,45 ±4,25	9,26 ±4,29
K (mg/100g)	15,11 ±5,26	12,32 ±2,15	13,24 ±1,94	11,26 ±1,56	9,68 ±3,98	8,65 ±4,12	8,45 ±0,92	8,24 ±1,11	8,46 ±1,18	8,12 ±1,97
Ca (mmolc/kg)	19,21 ±9,48	19,24 ±2,36	19,24 ±4,15	12,15 ±1,29	12,36 ±0,78	12,35 ±1,63	12,48 ±1,94	12,49 ±0,46	5,36 ±0,98	9,45 ±4,97
Mg (mmolc/kg)	22,19 ±11,26	21,45 ±5,12	18,56 ±4,13	18,25 ±9,15	17,42 ±4,19	17,59 ±2,36	15,36 ±7,45	15,26 ±3,17	15,23 ±1,09	14,11 ±9,16
Al (mmolc/kg)	2,31 ±1,14	3,11 ±0,54	3,19 ±0,78	2,16 ±1,24	2,19 ±0,47	2,49 ±0,23	1,11 ±0,79	1,06 ±0,19	1,45 ±0,17	1,1 ±0,66
Fe (mg/L)	20,01 ±3,15	19,45 ±9,15	19,01 ±1,25	17,46 ±1,29	17,23 ±2,36	13,22 ±6,45	10,64 ±1,99	9,45 ±1,45	9,48 ±3,75	8,63 ±1,19
Hg (µg/L)	<0,02 0	<0,01 0	<0,01 0	<0,01 0	<0,01 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Cu (mg/L)	0,51 ±0,05	0,49 ±0,21	0,46 ±0,07	0,42 ±0,08	0,37 ±0,11	0,31 ±0,15	0,3 ±0,01	0,29 ±0,07	0,25 ±0,10	0,25 ±0,11
Pb (mg/L)	0,89 ±0,27	0,81 ±0,22	0,83 ±0,33	0,66 ±0,15	0,55 ±0,09	0,41 ±0,04	0,32 ±0,05	0,3 ±0,07	0,29 ±0,11	0,28 ±0,01
Cd (mg/L)	0,19 ±0,03	0,09 ±0,05	0,11 ±0,02	0,05 ±0,01	0,03 ±0,01	0,04 ±0,01	0,09 ±0,04	0,08 ±0,01	0,05 ±0,03	0,05 ±0,01
Mn (mg/L)	7,13 ±4,12	6,15 ±4,95	6,12 ±3,01	6,11 ±2,15	6,21 ±2,31	6,31 ±2,21	5,42 ±2,09	5 ±2,01	4,99 ±1,99	4,86 ±0,47

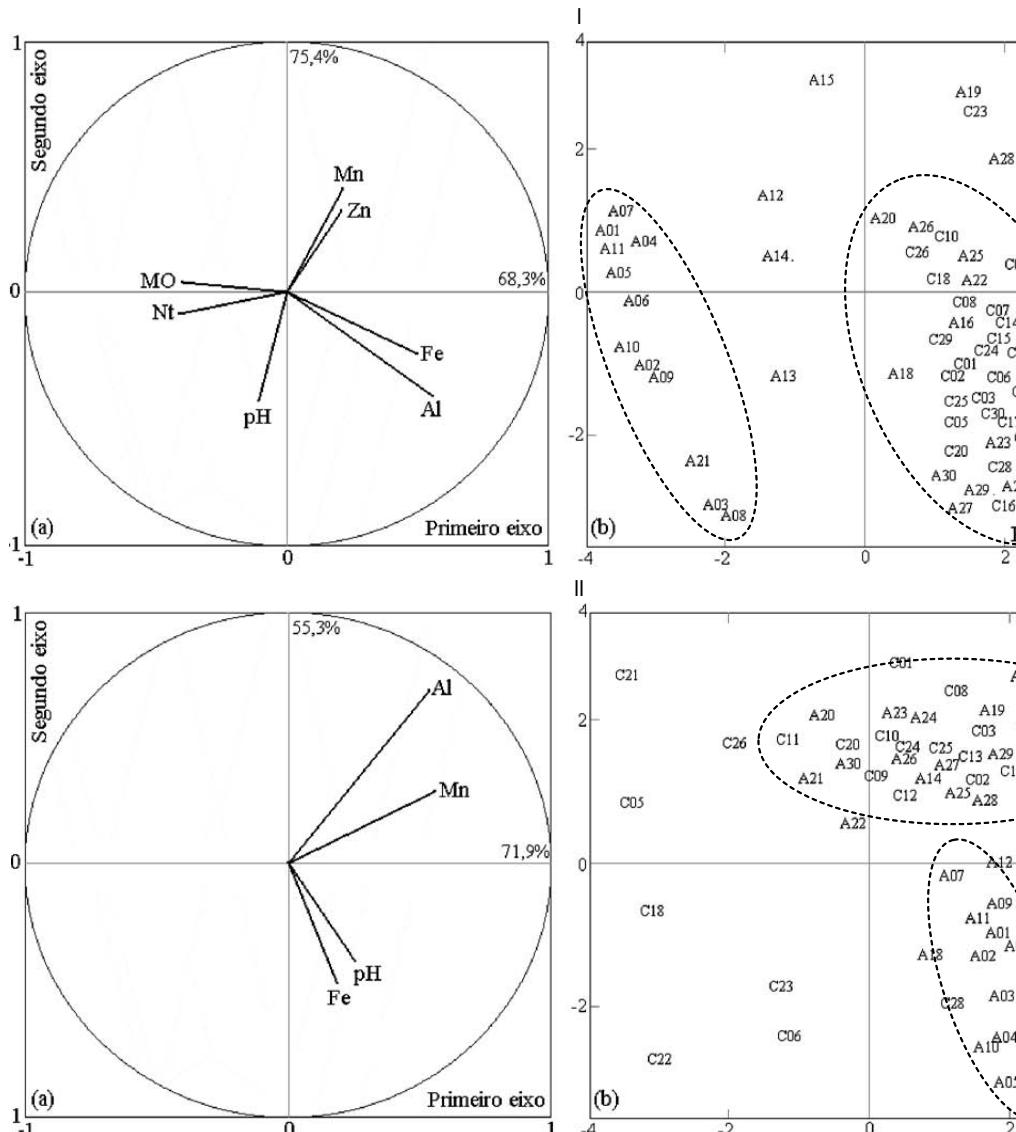


Figura 4. Análise de componentes principais das variáveis abióticas significativas, representativas das 60 subparcelas de solo avaliadas, situadas próximas aos aterros (A) e 30 em áreas controle (C).

(i) Áreas estudadas em Brasília e (ii) Áreas estudadas em Goiânia. (a) Círculo de autovetores das variáveis; (b) Plano de dispersão dos autovalores das subparcelas

Figure 4. Principal Component Analysis between significant abiotic variables, representative of the 60 soil subplots, 30 close to the landfill control areas (C).

(i) Areas studied in Brasília. (ii) Areas studied in Goiânia. (a) Circule of the eigenvalues of variables; (b) Eigenvalues dispersion of the subplots

sua influência nas concentrações destes elementos. Estes resultados foram também comprovados pelas maiores médias obtidas nestas parcelas em relação às áreas controle. Segundo

O aumento de elementos como nitrogênio, sódio e cálcio foram resultantes do acréscimo de níquel presente nos resíduos sólidos, principalm-

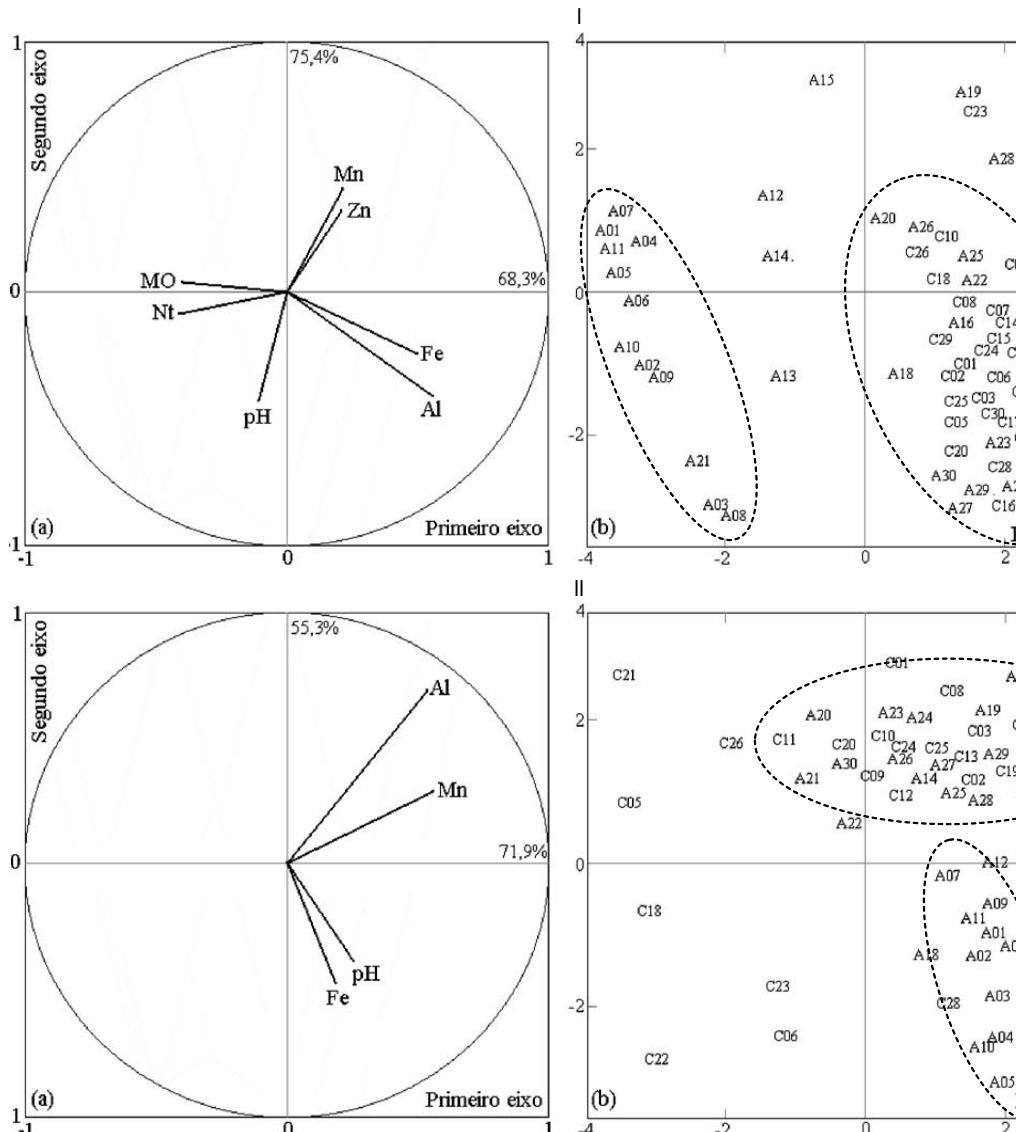


Figura 4. Análise de componentes principais das variáveis abióticas significativas, representativas das 60 subparcelas de solo avaliadas, próximas aos aterros (A) e 30 em áreas controle (C).

(i) Áreas estudadas em Brasília e (ii) Áreas estudadas em Goiânia. (a) Círculo de autovetores das variáveis; (b) Plano de dispersão dos autovalores das subparcelas

Figure 4. Principal Component Analysis between significant abiotic variables, representative of the 60 soil subplots, 30 close to the landfill control areas (C).

(i) Areas studied in Brasilia. (ii) Areas studied in Goiania. (a) Circule of the eingenvectors of variables; (b) Eigenvalues dispersion of the subplots

óxidos com OH⁻, deixando-os menos ácidos (pH e" 7), conforme observado nas Tabelas 1 a 4.

Os elementos Fe²⁺, Mg²⁺, Hg¹⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺, Mn²⁺,

dores) e sobras de construção civil, também predominantemente óxidos (Fe₂O₃; MgCO₃; Cu₂ZnO; K₂Cr₂O₇), aumentado assim o valor de p

Composição química do solo e da água subterrânea em áreas adjacentes a aterros sanitários

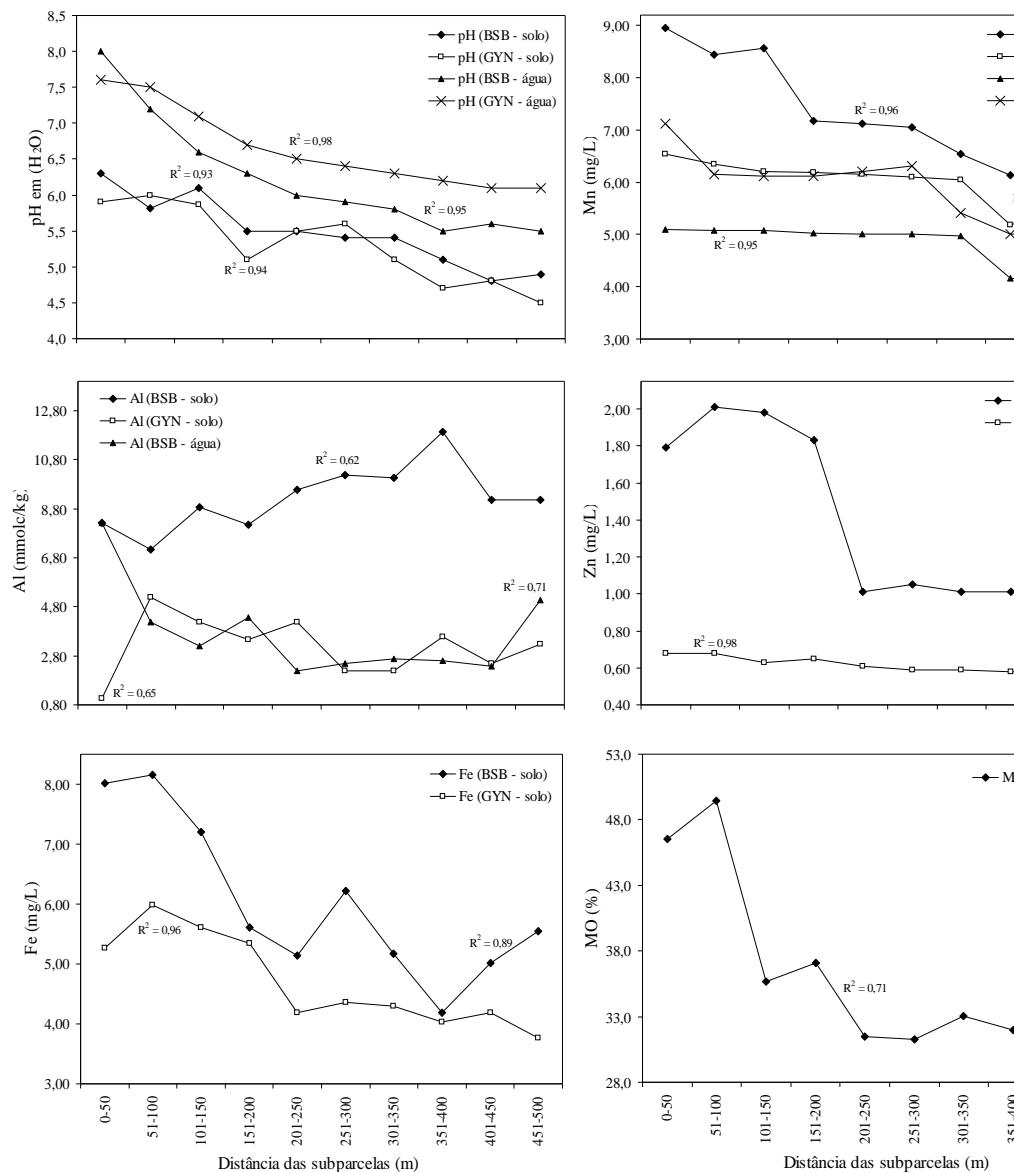


Figura 6. Relação das concentrações médias das variáveis químicas selecionadas (pH, manganês, alumínio, zinco, ferro e MO = matéria orgânica) com as distâncias das subparcelas. (R^2 = coeficiente de ajuste dos pontos de cada variável)

Figure 6. Relationship between the average concentrations of the selected chemical variables (pH, Mn, Al, Zn, Fe and MO = organic matter components analysis with the subplots distances. (R^2 = Adjust coefficient of variable points)

dentemente da textura do solo (Pavan, 1996), sendo encontrados nas amostras de solo e de águas mais superficiais.

Apenas Al^{3+} não obteve um padrão de redução de sua concentração a partir do aterro para áreas distantes. Em áre-

Na análise de componentes principais (Fig. 7), o conjunto de elementos significativos, ou seja, os que acumuladas representaram cerca de 70% do total foram: para o solo - manganês, zinco, ferro, alumi-

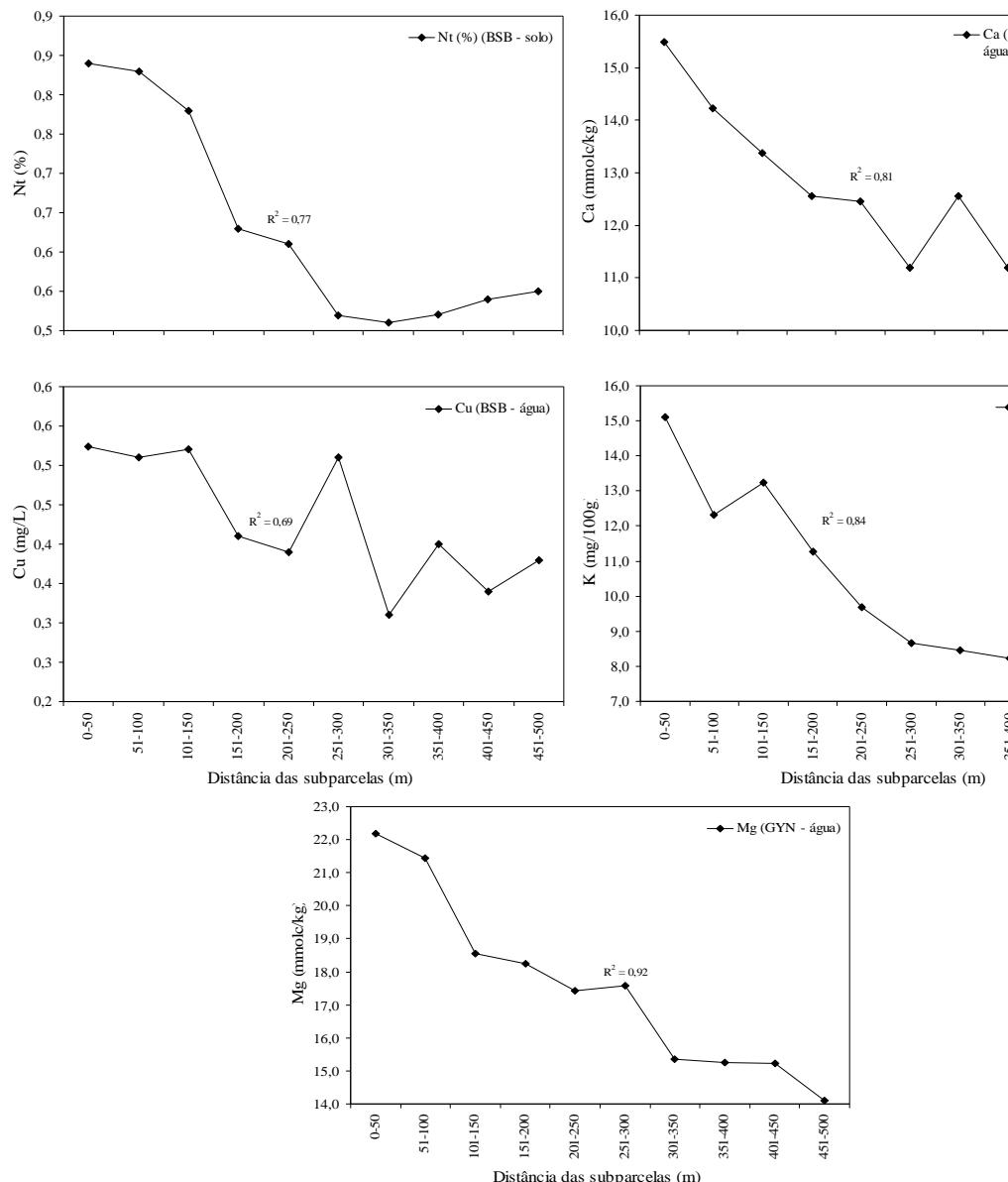


Figura 7. Relação das concentrações médias dos elementos químicos selecionados (Nt = nitrogênio total, cálcio, cobre, potássio e magnésio) componentes principais, com as distâncias das subparcelas. (R^2 = coeficiente de ajuste dos pontos de cada variável)

Figure 7. Relationship between mean concentrations of the selected chemical elements (Nt = total nitrogen, Ca, Cu, K and Mg) in the Principal components analysis with the subplots distances. (R^2 = Adjust coefficient of variables points)

Tanto para o solo quanto para a água subterrânea, observou-se a formação de dois grupos significativos: i) das subparcelas próximas aos aterros (A01 a A15); e ii) das subparcelas controle (C01 a C30). Esta divisão foi deter-

minada pelas subparcelas próximas dos aterros. Isto mostra a portância dos óxidos formados pela presença da matéria orgânica e outros cátions, aumentando o pH (Silva et al., 2004), próximos aos aterros, e a acidez, nas parcelas

Composição química do solo e da água subterrânea em áreas adjacentes a aterros sanitários

CONCLUSÕES

Os mais altos valores das variáveis abióticas estudadas, tanto para o solo, quanto para a água subterrânea, foram encontrados nas subparcelas mais próximas dos aterros, reduzindo seus valores com o afastamento.

Os valores médios das variáveis abióticas foram maiores nas parcelas estabelecidas próximas aos aterros do que nas áreas controle.

O pH e o alumínio foram as variáveis determinantes para o agrupamento das subparcelas pelos autovetores, em consequência do aumento de matéria orgânica e dos óxidos na proximidade dos aterros.

AGRADECIMENTOS

Ao ICMBIO/Parque Nacional de Brasília e a Prefeitura de Goiânia, pela logística e licença para realização do trabalho.

LITERATURA CITADA

- Adamoli, J.; Macedo, J.; Azevedo, L.G.; Madeira Neto, J. Caracterização da região dos Cerrados. In: Goedert, W.J. (ed.). Solos dos Cerrados: tecnologia e estratégia de manejo. São Paulo: Editora Nobel, 1986. p. 33-74.
- Bacchi, O. O. S. e Reichardt, K. On simple methods for unsaturated soil hydraulic conductivity determination. *Scientia agricola*, v.50, n.2, p.326-328, 1993.
- Brasil. Saúde ambiental e gestão de resíduos de serviços de saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. 317 p.
- Campos, É.P.; Duarte, T.G.; Neri, A.V. Floristic composition of a stretch of "Cerrado" sensu stricto and "cerradão" and its relation with soil in the 'Floresta Nacional' (FLONA) of Paráopeba, MG. *Revista Árvore*, v.30, n.3, p.471-479, 2006.
- Campos, C.E.B.; Lani, J.L.; Resende, M. Indicadores de campo para solos hidromórficos na região de Viçosa (MG). *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.27, n.6, p.1057-1066, 2003.
- Capelo Neto, J. e Castro, M.A.H. Simulação e avaliação do desempenho hidrológico da drenagem horizontal de percolado em aterro sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.10, n.3, p.229-235, 2005.
- Carneiro, J.M.T.; Zagatto, E.A.G.; Mattos, I.L. Determinação indireta de N-total em plantas por espectrometria de absorção atômica com chama empregando uma mini-coluna de $\text{AgCl}_{(s)}$. *Scientia agricola*, v.58, n.1, p.151-155, 2001.
- Carter, M.R. Soil sampling and methods of analysis. Boca raton: Lewis, 1993. 823 p.
- Castagnino, J.M. Nanomateriales y contaminación ambiental. *Acta Bioquímica*, v.40, n.1, p.1-2, 2006.
- Celere, M.S.; Oliveira, A.S.; Trevilato, T.M.B. Metals in landfill leachate in Ribeirão Preto, São Paulo State, Brazil, and its relevance for public health. *Caderno de Saúde Pública*, v.21, n.1, p.1-10, 2005.
- Eiten, G. Vegetação natural do distrito federal. *BRAE*, 2001. 162 p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema de Classificação de Solos, 2ed. Rio de Janeiro: 2006. 412p.
- Ferreras, L.A.; De Batista, J.J.; Ausilio, A. Physicochemical properties of a soil under minimum tillage and non-disks. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.1, p.1-10, 2001.
- Fontaneli, R.S.; Durr, J.W.; Scheffer-Basso, S.M. A method for reflectance in the infrared region for analysis of silage of maize. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.31, n.2, p.594-598, 2002.
- Gomes, J.B.V.; Curi, N.; Motta, P.E.F. Principles of physical, chemical, and mineralogical analysis of soils of the Cerrado biome soils. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.28, n.1, p.137-153, 2004.
- Isoldi, L.A.; Koetz, P.R.; Faria, O.L.V.; Isoldi, L. Carbono orgânico e nitrificação de águas residuais industrializadas de arroz. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.3, p.273-277, 2003.
- Juhasz, C.E.P.; Cooper, M.; Cursi, P.R. Savanna micromorphology related to water retention. *Soil Science*, v.64, n.4, p.344-354, 2007.
- McCune, B.; Mefford, M.J. PC-ORD. Multivariate ecological data, Version 4. Oregon: MjM Software, 1999. 237p.
- Pavan, M. A. e Miyazawa, M. Análises químicas e râmetros para interpretação. Londrina: Instituto Federal do Paraná, 1996. 46 p.
- Prefeitura de Goiânia. Limpeza urbana: aterros sanitários. www.goiania.go.gov.br/html/comurg/aterros.html 2007.
- Reichardt, K.; Angelocci, L.R.; Bacchi, O.O.S. Soil variability at a local scale (1,000 ha), in Piracicaba, and its implications on soil water recharge. *Soil Science*, v.52, n.1, p.43-49, 1995.
- Santana, O.A.; Imaña-Encinas, J. Urban land-use effects on groundwater in Brazilian savannas. In: International Congress on Environmental Challenges and Opportunities, 2005, Brasília. Proceedings... Brasília: 2005. p.40-46.
- Santana, O.A.; Imaña-Encinas, J. Modelo espacial de taminação do solo e do lençol freático do Parque Ibirapuera para o parque nacional de Brasília. In: Pejon, O. J.; Zuquette, L. V. (Eds.). Geotécnica e Geoambiental (Conhecimento científico: Base para a Sustentabilidade). Brasília: 2005. p. 453-460.
- Santos, H.G.; Coelho, M.R.; Anjos, L.H.C.; Jacob, M.; Oliveira, V.A.; Lumbreiras, J.F.; Oliveira, J.B.; Fasolo, P.J. Propostas de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: 2006. 162 p.

Sisinno, C.L.S. Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não-inertes: avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana. Caderno de Saúde Pública, v.19, n.2, p.369-374, 2003.
StatSoft Statistic for Windows 5.1. Tulsa, StatSoft Inc., 1997.
CD ROM.

Voegborlo, R.B.; El-Methnani, A.M.; Abedin, cadmium and lead content of canned tuna fishery, v.67, n.4, p.341-345, 1999.
Yen, B.C e Scanlon, B. Sanitary landfill settlement of the Geotechnical Engineering Division, p.475-487, 1975.