



## Avaliação de atributos químicos do solo como instrumento para recuperação de lixão desativado no semiárido<sup>(1)</sup>.

**Karina Patrícia Vieira da Cunha<sup>(2)</sup>; Cristiane Souza de Araújo<sup>(3)</sup>; Clístenes Williams Araújo do Nascimento<sup>(4)</sup>; Airon José da Silva<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho desenvolvido durante o mestrado do segundo autor no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária. <sup>(2)</sup> Professor; Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Natal, RN; [cunhakpv@yahoo.com.br](mailto:cunhakpv@yahoo.com.br); <sup>(3)</sup> Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária; Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Natal, RN; <sup>(4)</sup> Professor; Universidade Federal do Rural de Pernambuco; Recife, PE; <sup>(5)</sup> Professor; Universidade Federal de Sergipe; Aracaju, SE.

**RESUMO:** Uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes da disposição inadequadas de resíduos sólidos em lixões desativados é a estabilização da área a partir da revegetação. Para tanto, se faz necessária a investigação da qualidade do solo a fim de identificar o comprometimento do solo da área com intuito de implantar as correções necessárias. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar os atributos químicos do solo da cobertura final na área de um lixão desativado da região semiárida potiguar a fim de auxiliar o processo de recuperação dessas áreas. A área de estudo está localizada no semiárido tropical no município de São João do Sabugi/RN. Foram coletadas amostras de solo na área de lixão e em mata nativa como padrão de referência de qualidade. Aos quais foram submetidas às análises dos atributos químicos: pH, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> trocáveis, acidez potencial, fósforo disponível, soma de bases, CTC, saturação por bases, saturação por Al, saturação por Na<sup>+</sup> e relação de adsorção de sódio, carbono orgânico total e nitrogênio total. As diferenças entre os atributos químicos do solo sob a mata nativa e cobertura final demonstram redução da qualidade do solo na área desativada do lixão, o que compromete o desenvolvimento da vegetação nativa e a recuperação da área. As deficiências detectadas no processo construtivo da cobertura final apontam para a necessidade de intervenção visando acelerar o processo de estabilização da área e de recuperação do ecossistema local.

**Termos de indexação:** lixão, estabilização, recuperação de áreas degradadas.

### INTRODUÇÃO

A disposição final de resíduos sólidos urbanos em áreas inadequadas, sem uma infraestrutura que atenda as medidas de proteção sanitária e ambiental, pode resultar na poluição do solo, água, e/ou ar. Nessas áreas, como agravante à degradação

ambiental soma-se a ausência de critérios técnicos na fase de operação e desativação do lixão, onde os resíduos sólidos são depositados sem qualquer tratamento prévio.

Levando em considerações critérios técnicos e financeiros, a remoção dos resíduos aterrados por décadas para o descarte em aterros sanitários é irrealista (Remon et al., 2005). Uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes da disposição inadequadas de resíduos sólidos em lixões é a estabilização da área. A este respeito, a implantação de uma cobertura final seguida da revegetação tem sido apontada como uma alternativa eficaz, na medida em que cumpre um duplo objetivo, a recuperação ambiental e a melhoria visual das áreas altamente degradadas.

Além da camada de impermeabilização, a cobertura final deve conter uma camada de solo para revegetação. Apesar de muitas vezes negligenciada, a qualidade do solo da camada de cobertura final é fundamental para a revegetação e, conseqüentemente, estabilização da área. A vegetação na camada de cobertura final deve atuar como barreira física para infiltração de oxigênio no maciço de resíduos, no controle da erosão ao amortecer o impacto da água da chuva, na estruturação do solo, e na evapotranspiração da água nos primeiros centímetros do solo, evitando a infiltração de água até a camada de impermeabilização, proteger contra rachaduras, além da melhoria do aspecto paisagístico da área (Dwyer, 2000; Bozkur et al., 2001; Tanthachoon et al., 2008).

Diante deste contexto, o presente estudo objetivou avaliar os atributos químicos do solo na camada de cobertura final na área de um lixão desativado da região semiárida potiguar a fim de auxiliar o processo de recuperação dessas áreas.

### MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de São João do Sabugi no estado do Estado do Rio



Grande do Norte sob as coordenadas geográficas latitude (-6,738) e Longitude (-37,210). A classe de solo é Luvisolo Crômico (EMBRAPA, 1971). A região é caracterizada por clima semiárido tipo BsW'h'. Precipitação pluviométrica anual normal de 643,1 mm, sendo o período chuvoso compreendido entre fevereiro a abril. Com temperaturas anuais variando de 18 e 32°C. Apresenta como formação vegetal a Caatinga Hiperxerófila.

O lixão utilizado para a disposição de resíduos sólidos produzidos pelo município margeia um córrego efêmero e deságua no Riacho Salgado, afluente do Rio Sabugi. O local onde foram retiradas as amostras de solo foi desativado há 4 anos, e havia sido coberta pelo solo proveniente da escavação do horizonte C, enquanto as camadas dos horizontes superiores da área de empréstimo (mesmo local) (Figura 1) foram utilizadas para recobrir quinzenalmente os resíduos ao longo deste período. No momento da amostragem, foi detectada grande variabilidade na profundidade da camada de cobertura, em alguns pontos de amostragem os resíduos quando aterrados encontravam-se a menos de 10 cm de profundidade (Figura 2). Numa visão geral da área desativada era possível observar em alguns pontos resíduos expostos à superfície. Para o estudo também foi selecionada uma área de referência com vegetação nativa com pouca interferência antrópica e de mesma classe de solo em estudo.



**Figura 1** - Área desativada do lixão em São João do Sabugi/RN coberta pelo solo proveniente da escavação de uma nova célula. Fonte: o autor.

Foram coletadas amostras deformadas de solos na profundidade de 0-20 e 20- 40 cm, em 10 pontos amostrais simples coletados em caminho percorrido no formato de zig-zag (EMBRAPA, 1999).

Posteriormente, as 10 amostras simples de cada profundidade foram misturadas para retirada de uma amostra composta de aproximadamente 500g. Todo o procedimento foi repetido por três vezes visando à obtenção de três repetições para cada profundidade.



**Figura 2** - Exposição de resíduos a poucos centímetros de profundidade no lixão em São João do Sabugi/RN coberta pelo solo proveniente

O solo foi seco ao ar, posteriormente destorroado e passado em peneira de 2 mm de abertura de malha para a retirada da terra fina seca ao ar (TFSA), a qual foi submetida a análises laboratoriais. Mesmo método foi adotado para coleta do solo da área de referência.

Os atributos químicos foram analisados de acordo com métodos preconizados pela EMBRAPA (1999): pH em água; condutividade elétrica;  $K^+$  e  $Na^+$  trocáveis por fotometria de emissão de chama após extração com extrator Mehlich-1;  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  trocáveis por espectrofotometria de absorção atômica e  $Al^{3+}$  trocável por titulação após extração com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; acidez potencial/ $H^+$ + $Al^{3+}$  por titulação após extração com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>; fósforo disponível por colorimetria após extração com extrator Mehlich-1. A partir dos resultados obtidos do complexo sortivo, foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions potencial (CTCp), saturação por bases (V%), saturação por Al (m), saturação por  $Na^+$  (PST) e relação de adsorção de sódio (RAS).

O C orgânico total (COT) foi determinado pelo método de Walkley-Black modificado (Silva et al., 1999). A matéria orgânica foi estimada através do produto do valor de carbono orgânico por 1,724, considerando que o húmus contém aproximadamente 58% de carbono (EMBRAPA, 1999).

Para determinação de nitrogênio total (N), amostras

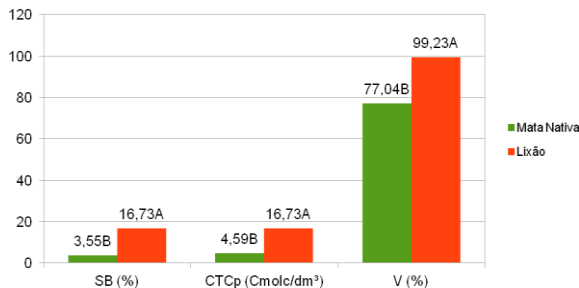


de solo foram submetidas à digestão sulfúrica e o nitrogênio posteriormente foi dosado no extrato por meio de destilação Kjeldahl (EMBRAPA, 1999).

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação das médias pelo teste de teste Tukey ( $p < 0,05$ ) (SAS v.8, 1999). Além da correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ). A análise de variância levou em consideração as fontes de variação: uso do solo (mata nativa e lixão) e profundidade (0 a 20 cm e 20 a 40 cm).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a caracterização química, tanto o solo de mata nativa como o solo sob lixão foram classificados como eutróficos ( $V > 50\%$ ), não álico ( $m < 50\%$ ) e não sódico ( $PST < 15\%$ ) (Figura 2 e Tabela 2). Apesar de não diferirem nessa classificação, foram verificados incrementos significativos na SB, CTCp e V do solo construído após encerramento do lixão (Figura 3).



**Figura 3** - Atributos químicos do solo sob mata nativa e lixão localizado no semiárido nordestino. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

A análise química do solo evidenciou diferenças significativas na maioria dos atributos químicos entre os solos de mata nativa e lixão (Tabela 2 e Figura 3). O solo do lixão apresentou pH alcalino, maior CE, e incrementos significativos nos teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$  trocáveis, além do COT e P disponível em ambas profundidades quando comparados ao solo da mata nativa que é a referência de qualidade do solo (Figura 3). O teor de nitrogênio total variou apenas entre a camada subsuperficial comparando o solo da mata nativa com o solo do lixão. O teor de nitrogênio total foi 500% maior na camada subsuperficial do solo do lixão, ou seja, aquela que mantém contato direto com os resíduos sólidos, evidenciando uma possível contribuição da decomposição de resíduos orgânicos no incremento desse nutriente.

A área sob mata nativa, por sua vez, apresentou pH ácido acompanhado de maiores teores de  $Al^{3+}$ ,  $H^+ + Al^{3+}$  trocáveis e saturação por alumínio quando comparados ao solo do lixão em ambas profundidades.

Dentro do ambiente lixão, não foram verificadas diferenças significativas entre a camada superficial e subsuperficial para os atributos pH, teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Al^{3+}$ ,  $H^+ + Al^{3+}$ , e saturação por alumínio, o que mostra que de alguma forma o processo construtivo desse solo provocou a homogeneização entre as camadas para esses atributos. Porém, a CE, os teores de PST, RAS, COT, P e N foram maiores na camada subsuperficial, (Tabela 2), evidenciando a contribuição dos resíduos no enriquecimento do solo nessa camada através da ascensão capilar. No solo do lixão, o aumento do pH do solo esteve correlacionado positivamente com CE ( $r = 0,99^{**}$ ),  $Ca^{2+}$  ( $r = 0,99^{**}$ ),  $Na^+$  ( $r = 0,98^*$ ), o que evidencia que essa maior participação de elementos alcalinos e alcalinos terrosos ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ) no complexo de troca desse solo contribuiu para elevação do pH do solo.

No presente estudo, a degradação do solo no ambiente de lixão também pôde ser evidenciada pela alteração adversa dos atributos químicos do solo. Sendo assim, o incremento encontrado nos atributos químicos quando comparados aos valores de referência na mata nativa, que são os limites aceitáveis para o sistema reestabelecer suas funções após uma perturbação, pode configurar um estado de desequilíbrio ambiental. Isso porque, os limites reguladores do ambiente foram ultrapassados por uma sobrecarga de matéria e energia em sua capacidade suporte para filtrar, tamponar, degradar, imobilizar os elementos liberados pelos resíduos (Machado, 1999; Doran & Zeiss, 2000). Esse excesso de elementos possivelmente não conseguirá ser mantido ou assimilado pelo sistema, e ao comprometer a função tampão do solo, o excesso pode ser liberado para outros componentes da bacia hidrográfica, seja através da geração de lixiviados ou como da emissão de gases de efeito estufa, comprometendo a qualidade do ar e das águas subterrâneas e superficiais (Augustin & Viero, 2012).

## CONCLUSÕES

As diferenças entre os atributos químicos do solo natural e construído demonstram redução da qualidade do solo na área desativada do lixão, o que compromete o estabelecimento da vegetação e inviabiliza a recuperação da área.

A ausência de impermeabilização superior bem como a mistura entre a camada de resíduos e o solo explica o enriquecimento de nutrientes, tornando importante fonte de contaminação difusa da bacia hidrográfica.

As deficiências detectadas no processo de recomposição do solo apontam para a necessidade de intervenção no sentido de aproximar à condição de solo construído a condição de solo natural ou esperadas para região, visando acelerar o processo de estabilização da área e de recuperação do ecossistema local.

### REFERÊNCIAS

AUGUSTIN P.V.& VIERO A. P. Environmental impact and geochemical behavior of soil contaminants from an industrial waste landfill in Southern Brazil. Environmental Earth Sciences. 67(5): 1521-1530, 2012.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology, 15: 3-11, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

MACHADO, P.J.O. Capacidade, suporte e sustentabilidade ambiental. Revista Geosul, Florianópolis, 14(27): 122-127, 1999.

**Tabela 1.** Atributos físicos do solo da camada de cobertura final do lixão desativado comparado a área de referência de qualidade sob mata no município de Currais Novos/RN.

Área	pH	CE		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	COT	RAS	PST	P	N	
		µs cm <sup>-1</sup>	m												cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
		0-20	20-40	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20
Mata	5,50 <sup>aB</sup>	28,37 <sup>bB</sup>	35,37 <sup>aB</sup>	2,00 <sup>bB</sup>	0,56 <sup>aB</sup>	0,27 <sup>aB</sup>	0,22 <sup>aB</sup>	0,18 <sup>bB</sup>	0,23 <sup>aA</sup>	1,27 <sup>aA</sup>	4,52 <sup>aB</sup>	6,47 <sup>aA</sup>	40,56 <sup>aB</sup>	12,43 <sup>bB</sup>	0,04 <sup>aA</sup>
Lixão	8,09 <sup>aA</sup>	264,00 <sup>bA</sup>	331,67 <sup>aA</sup>	12,22 <sup>aA</sup>	2,90 <sup>aA</sup>	1,16 <sup>aA</sup>	1,61 <sup>aA</sup>	0,54 <sup>aA</sup>	0,69 <sup>aA</sup>	27,5	14,5	9,5	507,79 <sup>bA</sup>	568,45 <sup>aA</sup>	0,12 <sup>aA</sup>
CV (%)	0,7	3,8	1,8	11,7	14,5	27,5	0,9	22,7	22,7	6,7	27,1	3	8,8	0,3	17,7
				25,3	4,9	6,7	10,2	8,8	9,4	10,2	27,1	3	8,8	0,3	17,7
Mata	1,12 <sup>aA</sup>	7,03 <sup>aA</sup>	5,12 <sup>bA</sup>	6,47 <sup>aA</sup>	0,24 <sup>aB</sup>	0,17 <sup>aB</sup>	2,28 <sup>aB</sup>	12,43 <sup>bB</sup>	0,04 <sup>aA</sup>	1,27 <sup>aB</sup>	4,52 <sup>aB</sup>	6,47 <sup>aB</sup>	40,56 <sup>aB</sup>	12,43 <sup>bB</sup>	0,04 <sup>aA</sup>
Lixão	0,20 <sup>aB</sup>	0,06 <sup>aB</sup>	0,06 <sup>aB</sup>	6,71 <sup>bA</sup>	0,42 <sup>bA</sup>	13,48 <sup>bA</sup>	15,28 <sup>aA</sup>	507,79 <sup>bA</sup>	0,12 <sup>aA</sup>	13,48 <sup>bA</sup>	0,60 <sup>aA</sup>	13,48 <sup>bA</sup>	507,79 <sup>bA</sup>	568,45 <sup>aA</sup>	0,12 <sup>aA</sup>
CV (%)	13,5	14,8	14,7	25,3	4,9	6,7	10,2	8,8	9,4	10,2	27,1	3	8,8	0,3	17,7

Letras minúsculas comparam profundidades e maiúsculas os usos do solo. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si. (p<0,05).