

# Elementos da Natureza e Propriedades do Solo Vol. 3

Atena Editora



Atena Editora

**ELEMENTOS DA NATUREZA E PROPRIEDADES DO  
SOLO – Vol. 3**

---

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Edição de Arte e Capa:** Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

### **Conselho Editorial**

Profª Drª Adriana Regina Redivo – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Pesquisador da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez – Universidad Distrital de Bogotá-Colombia  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª. Drª. Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª. Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª. Drª. Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

Atena Editora.  
A864e Elementos da natureza e propriedades do solo – Vol. 3 [recurso eletrônico] / Atena Editora. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.  
9.087 kbytes – (Ciências Agrárias; v.3)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
DOI 10.22533/at.ed.691182702  
ISBN 978-85-93243-69-1

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.  
I. Título. II. Série.

CDD 631.44

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva da autora.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos a autora, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

E-mail: [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I

ACÚMULO DE MASSA SECA E NITROGÊNIO EM CEVADA INOCULADA COM *Azospirillum brasilense* SOB NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

Gustavo Ribeiro Barzotto, Sebastião Ferreira de Lima, Osvaldir Feliciano dos Santos, Eduardo Pradi Vendruscolo, Irineu Eduardo Kühn e Gabriel Luiz Piatì ..... 7

### CAPÍTULO II

ADUBAÇÃO FOSFATADA E CRESCIMENTO INICIAL DE BARU EM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO

Diana Suzete Nunes da Silva, Nelson Venturin, Regis Pereira Venturin, Renato Luiz Grisi Macedo, Fernanda Silveira Lima, Leandro Carlos, Elias de Sá Farias, João Faustino Munguambe e Júlio César Tannure Faria.....16

### CAPÍTULO III

ADUBAÇÃO ORGÂNICA E FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA EM VIDEIRAS 'SYRAH': CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE MACRONUTRIENTES E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

Davi Jose Silva, Alexsandro Oliveira da Silva e Luís Henrique Bassoi .....25

### CAPÍTULO IV

ALTERAÇÃO NA DENSIDADE POPULACIONAL DE NEMATÓIDES EM ÁREA CULTIVADA COM ADUBOS VERDES AO LONGO DE TRÊS ANOS

Oclizio Medeiros das Chagas Silva, Fernando Ramos de Souza, Ernandes da Silva Barbosa, Ricardo Luís Louro Berbara, Luiz Rodrigues Freire, Lucas Amaral de Melo e Renato Luiz Grisi Macedo ..... 35

### CAPÍTULO V

ANÁLISE DE TEORES DE ZINCO, BTEX E HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS EM SOLO CONTAMINADO POR GASOLINA E ÓLEO DIESEL

Ilton Agostini Júnior, Mari Lucia Campos, David José Miquelluti e Letícia Sequinatto...44

### CAPÍTULO VI

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO ARROZ EM SUCESSÃO A CULTIVOS DE PLANTAS DE COBERTURA E DESCOMPACTAÇÃO MECÂNICA

Vagner do Nascimento, Marlene Cristina Alves, Orivaldo Arf, Epitácio José de Souza, Paulo Ricardo Teodoro da Silva, Michelle Traete Sabundjian, João Paulo Ferreira e Flávio Hiroshi Kaneko.....51

### CAPÍTULO VII

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO SEMIÁRIDO TROPICAL

Cristiane de Souza Araújo, Airon José da Silva, Clístenes Williams Araújo do Nascimento, Ingredy Nataly Fernandes Araújo e Karina Patrícia Vieira da Cunha..... 66

## CAPÍTULO VIII

### ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS EM POVOAMENTOS DE PINUS TAEDA QUATRO ANOS APÓS A FERTILIZAÇÃO

Letícia Moro, Paulo César Cassol, Camila Adaime Gabriel e Marcia Aparecida Simonete ..... 86

## CAPÍTULO IX

### AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SARARÉ, SUDOESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO

Valcir Rogério Pinto, Maria Aparecida Pereira Pierangeli, Célia Alves de Souza, Sandra Mara Alves da Silva Neves, Ana Claudia Stoll Borges e Carolina Joana da Silva ..... 95

## CAPÍTULO X

### AVALIAÇÃO DA UMIDADE VOLUMÉTRICA DO SOLO EM VASO COM DOIS GENÓTIPOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS SUBMETIDOS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Gentil Cavalheiro Adorian, Klaus Reichardt, Durval Dourado Neto, Evandro Reina<sup>119</sup>, Cid Tacaoca Muraishi, Rogério Cavalcante Gonçalves e Evelynne Urzêdo Leão..... 119

## CAPÍTULO XI

### AVALIAÇÃO DE PRODUTIVIDADE DO MILHO UTILIZANDO FONTES ALTERNATIVAS DE ADUBAÇÃO

Isaías dos Santos Reis, Mariléia Barros Furtado, Clene dos Santos Reis, Maryzélia Furtado Farias e Jomar Livramento Barros Furtado ..... 125

## CAPÍTULO XII

### AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE CHERNOSSOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COLÔNIA - BA

Monna Lysa Teixeira Santana, Marina Oliveira Paraíso Martins e Ana Maria Souza dos Santos Moreau.....141

## CAPÍTULO XIII

### AVALIAÇÃO TEXTURAL DE UM LATOSSOLO POR GRANULOMETRIA A LASER EM DIFERENTES PROCEDIMENTOS NO MUNICÍPIO DE HIDROLÂNDIA - GOIÁS

Lucas Espíndola Rosa, Selma Simões de Castro, Vlândia Correchel e Elizon Dias Nunes.....149

## CAPÍTULO XIV

### BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS FLORESTAIS

Rafael Malfitano Braga, Francisco de Assis Braga e Nelson Venturin ..... 158

## CAPÍTULO XV

### CALAGEM E TEXTURA DO SOLO NO CRESCIMENTO E INTEGRIDADE DA CLOROFILA DA CAROBINHA

Willian Vieira Gonçalves, Maria do Carmo Vieira, Néstor Antonio Heredia Zárate, Helder Denir Vhaldor Rosa Aran, Heverton Ponce Arantes e Lucas Yoshio Nitta ..... 169

## CAPÍTULO XVI

### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DE SOLOS COM MANEJOS DISTINTOS

Vander Rocha Lacerda, Pedro Henrique Lopes Santana, Regynaldo Arruda Sampaio, Márcio Neves Rodrigues, Priscila Ramos Vieira, Nicolay Wolff Ruppim, Lud' Milla

Medeiros e Humberto Alencar Paraíso ..... 179

## CAPÍTULO XVII

### CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, MINERALOGIA E MORFOLOGICA DE UM SOLO RESIDUAL COMPACTADO COM PROBLEMAS EROSIVOS

Julio César Bizarreta Ortega e Tácio Mauro Pereira de Campos ..... 187

## CAPÍTULO XVIII

### COMPORTAMENTO DE RÚCULA SOBRE DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO NO OESTE DA BAHIA

Liliane dos Santos Sardeiro, Rafael de Souza Felix, Charles Cardoso Santana, Silas Alves Souza e Adilson Alves Costa ..... 199

## CAPÍTULO XIX

### DENSIDADE DE MICRORGANISMOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO VÁRZEAS DE SOUSA - PB

Adriana Silva Lima, Tádria Cristiane de Sousa Furtunato, Késsia Régina Monteiro de Oliveira, Fernanda Nunes de Araújo, Iara Almeida Roque e Denis Gustavo de Andrade Sousa ..... 211

## CAPÍTULO XX

### DESENVOLVIMENTO DO MAMOEIRO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES MANEJOS COM ADUBAÇÕES ORGÂNICAS

Jecimiel Gerson Borchardt, Patrícia Soares Furno Fontes, Dayane Littig Barker Klem, Alexandre Gomes Fontes, Leandro Glaydson da Rocha Pinho e Anderson Mathias Holtz ..... 223

## CAPÍTULO XXI

### EFEITO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E INOCULANTE NAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DO FEIJOEIRO COMUM

Marivaldo Vieira Gonçalves, João Paulo Ferreira de Oliveira, Marcos de Oliveira, Jeferson da Silva Zumba, Jéssyca Dellinhares Lopes Martins e Márcio Farias de Moura ..... 230

## CAPÍTULO XXII

### EFEITO DE DIFERENTES DOSAGENS E FORMAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE ELEMENTAR NAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DO ALGODOEIRO

Elias Almeida dos Reis, Charles Cardoso Santana, Tadeu Cavalcante Reis, Alberto do Nascimento Silva, Robson Gualberto de Souza e Aracy Camilla Tardin Pinheiro ..... 238

CAPÍTULO XXIII

EFEITO DO PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM HÍBRIDOS DE SORGO EM ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Bruno Nicchio, Bárbara Campos Ferreira, Gustavo Alves Santos, Lucélia Alves Ramos, Hamilton Seron Pereira e Gaspar Henrique Korndörfer ..... 247

CAPÍTULO XXIV

ESTOQUES DE CARBONO ORGÂNICO EM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E USO DA TERRA (SUTS)

Janaína Ferreira Guidolini, Teresa Cristina Tarlé Pissarra, Maria Teresa Vilela Nogueira Abdo e Renata Cristina Araújo Costa ..... 260

CAPÍTULO XXV

GESSO AGRÍCOLA ASSOCIADO AO CALCÁRIO E PRODUTIVIDADE DE SEMENTES SECAS DE GUARANÁ

Lucio Pereira Santos, Enilson de Barros Silva, Scheilla Marina Bragança e Lucio Resende ..... 269

CAPÍTULO XXVI

MARCHA DE ABSORÇÃO DE MICRONUTRIENTES PARA O MELOEIRO FERTIRRIGADO

Fernando Sarmento de Oliveira, Flávio Sarmento de Oliveira e Josinaldo Lopes Araujo Rocha ..... 281

CAPÍTULO XXVII

PRODUTIVIDADE DE TRIGO IRRIGADO EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE INOCULAÇÃO COM AZOSPIRILLUM BRASILENSE VIA FOLIAR

Fernando Shintate Galindo, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Salatiér Buzetti, Mariana Gaioto Ziolkowski Ludkiewicz e João Leonardo Miranda Bellotte ..... 290

CAPÍTULO XXVIII

TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES EM DIFERENTES MATERIAIS DE TOMATE INDUSTRIAL

Joicy Vitória Miranda Peixoto, Emmerson Rodrigues de Moraes, Jordana Guimarães Neves, Regina Maria Quintão Lana e Abadia dos Reis Nascimento ..... 303

**Sobre os autores.....313**

## **CAPÍTULO VII**

### **ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO SEMIÁRIDO TROPICAL**

---

**Cristiane de Souza Araújo  
Airon José da Silva  
Clístenes Williams Araújo do Nascimento  
Ingredy Nataly Fernandes Araújo  
Karina Patrícia Vieira da Cunha**

## ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO SEMIÁRIDO TROPICAL

### **Cristiane de Souza Araújo**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal - Rio Grande do Norte

### **Airon José da Silva**

Universidade Federal de Sergipe  
São Cristovão - Sergipe

### **Clístenes Williams Araújo do Nascimento**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Recife - Pernambuco

### **Ingredy Nataly Fernandes Araújo**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal - Rio Grande do Norte

### **Karina Patrícia Vieira da Cunha**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal - Rio Grande do Norte

**RESUMO:** A disposição inadequada de resíduos sólidos em lixões altera as características naturais do solo, podendo causar impactos nos demais componentes da bacia hidrográfica. Uma alternativa para a recuperação dessas áreas é a fitoestabilização, a qual prevê o controle da erosão e a melhoria visual da área a partir da revegetação. Nesse contexto, este estudo objetivou avaliar os atributos físicos e químicos do solo de um lixão desativado na região semiárida tropical, a fim de auxiliar o processo de recuperação dessa área. A área de estudo está localizada no município de São João do Sabugi/RN, região semiárida tropical. Foram coletadas amostras de solo na área de lixão e em mata nativa como padrão de referência de qualidade. As amostras foram submetidas à análises de atributos físicos (densidade de partículas, densidade do solo, granulometria e porosidade total) e 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). Os resultados demonstram redução da qualidade do solo na área desativada do lixão, comprometendo o desenvolvimento da vegetação nativa e a recuperação da área. A ausência de impermeabilização superior promoveu o enriquecimento por sais, o que compromete a revegetação da área. As deficiências detectadas no processo construtivo da cobertura final apontam para a necessidade de intervenção visando acelerar o processo de estabilização e recuperação do ecossistema local.

**PALAVRAS-CHAVES:** recuperação ambiental. revegetação. fitoestabilização do solo. qualidade do solo.

## 1-INTRODUÇÃO

No Brasil, a disposição de resíduos sólidos diretamente no solo ainda é uma prática comum, representada por 41,6% do total de municípios no país (ABRELPE, 2016). No Estado do Rio Grande do Norte (RN) foram identificadas 165 áreas caracterizadas como lixões e apenas dois aterros sanitários para atender a demanda regional (RIO GRANDE DO NORTE, 2015). Sendo assim, um dos grandes desafios da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10) é o passivo ambiental gerado pelos lixões, sob responsabilidade dos municípios (BRASIL, 2010). Estes deverão ser obrigatoriamente desativados e direcionados a um programa de recuperação ambiental.

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 (ALI *et al.*, 2014; ADAMCÓVA *et al.*, 2017). 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. Ao cessar o recebimento de resíduos, os processos de biodegradação continuam no maciço de resíduos, promovendo a geração de lixiviados e gases.

De maneira geral, esta desativação tem sido acompanhada pelo simples encerramento da disposição de resíduos no local, fechamento e abandono da área. Desta forma, devem-se buscar medidas de controle que minimizem os futuros impactos ambientais e revertam os processos de degradação existentes (FEAM, 2010).

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 inadequada de resíduos sólidos em lixões é a estabilização da área. A este respeito, a implantação de uma cobertura final pode ser uma alternativa eficaz, uma vez que, cumpre um duplo objetivo, a recuperação ambiental e a melhoria visual de áreas altamente degradadas (REMON *et al.*, 2005). Apesar de não haver um consenso quanto aos critérios e composição da cobertura final de lixões desativados, sabe-se que essa visa minimizar o risco de contaminação ambiental ao promover a estabilização dos processos de degradação ocorridos, facilitando a recuperação da área (CHEN *et al.*, 2017).

Como requisito mínimo orienta-se a implantação de uma camada de impermeabilização, que visa exercer uma barreira física que possa evitar a proliferação de vetores de doenças, a infiltração da água pluvial, a entrada de oxigênio no maciço de resíduos, bem como a liberação de biogás para atmosfera (BOZKUR *et al.*, 2001; MONTEIRO *et al.*, 2001; QI *et al.*, 2013). Sem essa proteção o processo de decomposição no maciço de resíduos pode acelerar a liberação de

contaminantes, ampliando a área de influência dessa atividade, podendo acarretar a disseminação da contaminação para áreas adjacentes (AUGUSTIN; VIERO, 2012).

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 introduzida no solo da 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, onde poderia causar rachaduras, além da melhoria do aspecto paisagístico da área (DWYER, 2000; BOZKUR *et al.*, 2001; MONTEIRO *et al.*, 2001; LONDE; BITAR, 2011; ABICHOU *et al.*, 2015).

Vale salientar, a importância de aproximar a qualidade do solo da camada de cobertura final à condição original do solo, uma vez que cria condições favoráveis ao crescimento de espécies nativas adaptadas à região, garantindo o sucesso do programa de revegetação a ser aplicado, o acesso e a adaptação da fauna local ao novo ambiente, visando acelerar o processo de recuperação da área (CORREA; BENTO, 2010; INDA *et al.*, 2010; LONDE; BITAR, 2011). As espécies recomendadas para a revegetação de aterros desativados são as nativas da região, as quais passaram por um processo de seleção ao longo de milhares de anos e são as mais adaptadas a distúrbios ecológicos locais (SAMUEL-ROSA *et al.*, 2011).

Desta forma, salienta-se a importância do planejamento na etapa de construção da cobertura final. Para tanto é indispensável que o processo seja iniciado através da avaliação da qualidade do solo norteando a seleção de técnicas mais adequadas a serem adotadas na recuperação ambiental (LONDE; BITAR, 2011). Diante deste contexto, o presente estudo objetivou avaliar os atributos físicos e químicos do solo na camada de cobertura final na área de um lixão desativado da região semiárida tropical a fim de auxiliar o processo de tomadas de decisão para adoção de técnicas adequadas para facilitar a revegetação e recuperação dessas áreas.

## **2-MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de Estudo**

A área de estudo está localizada no município de São João do Sabugi no estado do Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1) sob as coordenadas geográficas latitude (-6,738) e Longitude (-37,210). A classe de solo é Luvissoilo Crômico (Embrapa, 1971), de fertilidade natural alta, textura arenosa/argilosa a

média/argilosa, relevo suave ondulado, solos rasos, susceptíveis a erosão e moderadamente drenados, com 200 a 400 metros de altitude em terrenos baixos na Depressão Sertaneja, entre as partes altas do Planalto da Borborema e da Chapada do Apodi (IDEMA, 2008).

A região é caracterizada por clima semiárido tipo BsW'h' (KOTTEK *et al*, 2006). 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, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhado.

O lixão utilizado para a disposição de resíduos sólidos produzidos pelo município margeia um córrego efêmero (Figura 1) 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, denominado localmente por pedra mole (ALVES *et al.*, 2005), enquanto as camadas dos horizontes superiores da área de empréstimo (mesmo local) 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. 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).

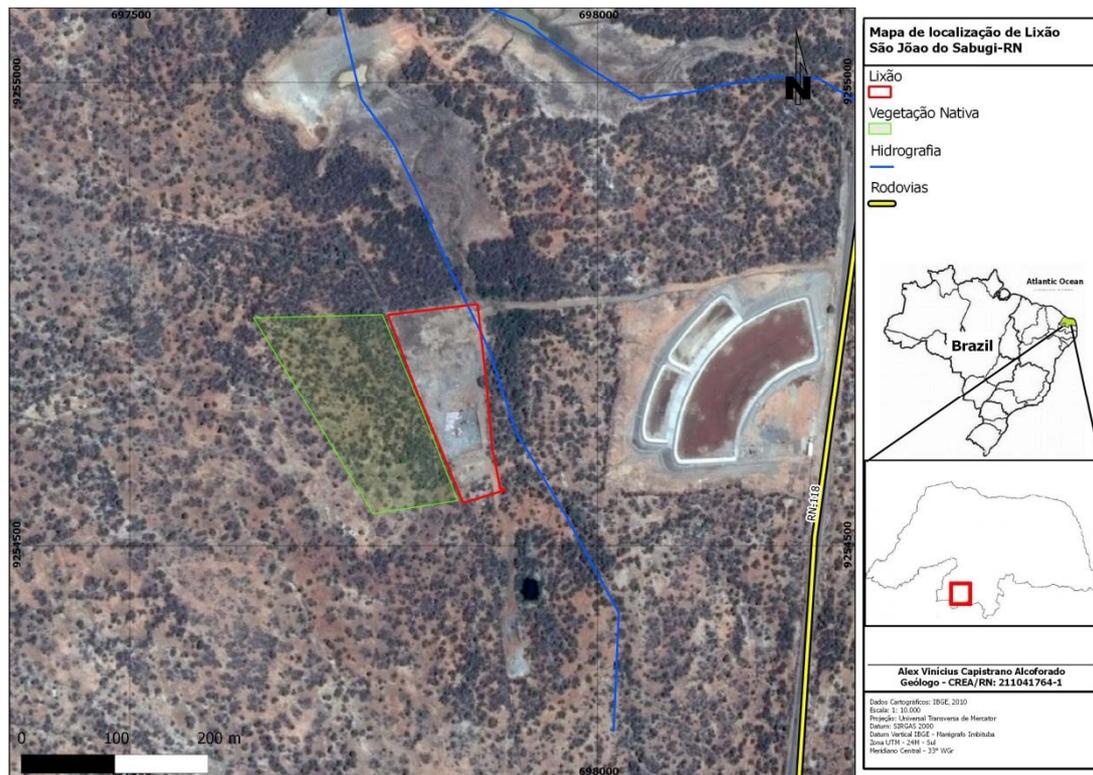


Figura 1 - Localização da área do lixão e sob mata nativa selecionada para o estudo, pertencente ao Município de São João do Sabugi, Estado do Rio Grande do Norte, semiárido tropical.  
Fonte: Alcoforado, 2013.

## 2.2 Coleta e preparação das amostras de solo

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. 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 (Figura 1).

## 2.3 Análise dos atributos físicos e químicos do solo

A densidade de partículas ( $D_p$ ) foi determinada pelo método do balão volumétrico, densidade do solo ( $D_s$ ) pelo método da proveta e granulometria pelo

método da pipeta e classe textural pelo diagrama triangular simplificado (EMBRAPA, 1997). A porosidade total do solo (Pt) foi estimada pela equação:  $[Pt = 1 - (Ds/ Dp)]$  (EMBRAPA, 1997).

Os atributos químicos foram analisados de acordo com métodos preconizados pela EMBRAPA (1999): pH em água; condutividade elétrica; K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> trocáveis por fotometria de emissão de chama após extração com extrator Mehlich-1; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> trocáveis por espectrofotometria de absorção atômica e Al<sup>3+</sup> trocável por titulação após extração com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; acidez potencial/H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> 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<sup>+</sup> (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).

## **2.4 Análise estatística dos dados**

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação das médias pelo teste de teste Tukey ( $p < 0,05$ ) (SAS, v.8, 1999). 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). A Correlação Linear de Pearson foi realizada para evidenciar a proporcionalidade entre variáveis do solo, quando desejado demonstrar e discutir a relação entre elas (SAS, v.8, 1999).

## **3- RESULTADOS**

### **3.1 Atributos físicos e químicos do solo**

O solo construído após o encerramento do lixão do município de São João do Sabugi/RN apresentou atributos físicos (Tabela 1) e químicos (Tabela 2; Figura 2) significativamente distintos do solo sob mata nativa.

Os solos sob mata nativa e lixão apresentaram predominância da fração granulométrica areia com teores de até 847,57 g kg<sup>-1</sup>, enquanto os teores da fração argila não ultrapassaram 169,23 g kg<sup>-1</sup>, caracterizando a classe textural para mata nativa como areia franca e para o lixão como franco-arenosa (Tabela 1). A densidade do solo do lixão foi significativamente menor do que a densidade do solo na mata nativa (Tabela 1). A densidade de partículas, por sua vez, não sofreu alterações significativas entre as áreas de lixão e mata nativa. A porosidade total variou apenas entre a camada subsuperficial do solo sob mata nativa e lixão. Na subsuperfície, o solo do lixão apresentou maior porosidade que o solo da mata nativa (Tabela 1). Neste tocante, vale ressaltar a correlação negativa entre a porosidade total e a densidade do solo ( $r = -0,96^{**}$ ) na área de lixão, mostrando que a medida que a porosidade aumentou a densidade do solo reduziu (Tabela 1).

O solo sob mata nativa e o solo sobre o 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 2). Para as variáveis SB, CTCp, V% a interação entre profundidade e ambiente não foi significativa.

Área	Prof.	Dp	Ds	PT	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
	Cm	g cm <sup>-3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	%	g kg <sup>-1</sup>			
Mata	0-20	2,70aA	1,66aA	38,38aA	847,57	67,00	85,42	Areia Franca
	20-40	2,63aA	1,68aA	36,15aB	818,41	65,72	115,87	Areia Franca
Lixão	0-20	2,67aA	1,50aB	43,81aA	733,33	97,44	169,23	Franco arenosa
	20-40	2,60aA	1,50aB	42,12aA	786,11	86,27	127,62	Franco arenosa

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

Tabela 1. Atributos físicos do solo sob mata nativa e sobre lixão localizado no semiárido nordestino  
Fonte: elaborado pelo autor.

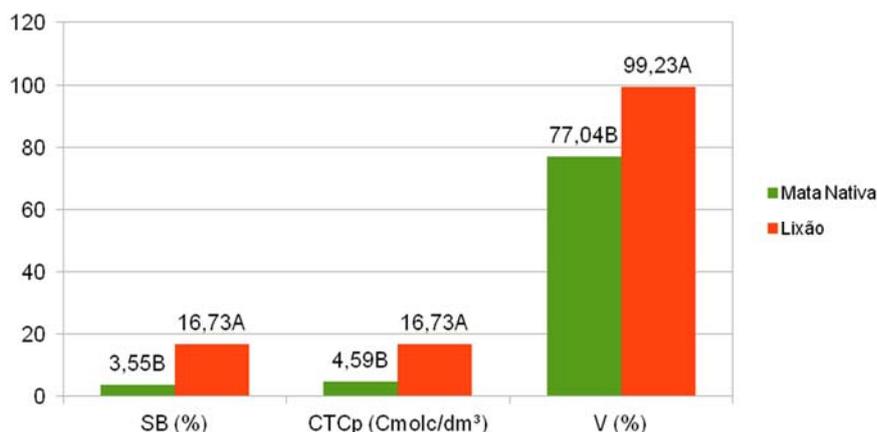


Figura 2. Atributos químicos do solo sob mata nativa e lixão localizado no semiárido nordestino. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).  
Fonte: elaborado pelo autor.

De fato, 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 2). O solo do lixão apresentou pH alcalino, maior CE, e incrementos significativos nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  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).

Dentro do ambiente lixão, não foram verificadas diferenças significativas entre a camada superficial e subsuperficial para os atributos pH, teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}+\text{Al}^{3+}$ , e saturação por alumínio, o que mostra que de alguma forma o processo construtivo da cobertura final 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 ( $r = 0,99^{**}$ ),  $\text{Ca}^{2+}$  ( $r = 0,99^{**}$ ),  $\text{Na}^+$  ( $r = 0,98^*$ ), o que evidencia que essa maior participação de elementos alcalinos e alcalinos terrosos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) no complexo de troca desse solo contribuiu para elevação do pH do solo.

Área	pH		CE		$\text{Ca}^{2+}$		$\text{Mg}^{2+}$		$\text{Na}^+$		$\text{K}^+$		$\text{Al}^{3+}$	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Mata	5,50	5,31	28,37b	35,37a	2,00b	2,78a	0,56	0,82	0,27a	0,22a	0,26aB	0,18bB	0,23	0,22
Lixão	8,09	7,88	264,00	331,67	12,22	12,25	2,90	2,08	1,16a	1,61a	0,69aA	0,54aA	0aB	0aB
CV (%)	0,7	1,4	3,8	1,8	11,7	9,5	14,5	50,1	27,5	0,9	22,7	9,4	17,5	18,8

	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>		m		PST		RAS		COT		P		N	
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%		%				g kg <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		g kg <sup>-1</sup>	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Mata	1,12 aA	0,97 aA	7,03aA	5,12bA	6,47a A	4,52a B	0,24 aA	0,17 aB	2,28a B	1,27a B	40,56a B	12,43b B	0,04 aA	0,02 aB
Lixão	0,20 aB	0,06 aB	0aB	0aB	6,71b A	9,75a A	0,42 bA	0,60 aA	13,48 bA	15,28 aA	507,78 bA	568,45 aA	0,12 aA	0,10 aA
CV (%)	13,5	14,8	21,3	14,7	25,3	4,9	27,1	3	6,7	10,2	8,8	0,3	17,7	22,9

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

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 2. Atributos químicos do solo sob mata nativa e lixão localizado no semiárido nordestino

#### 4- DISCUSSÃO

A cobertura final na área desativada ao ser construída com solo do horizonte C promoveu a inversão de horizontes do solo. Esta inversão em áreas com programas de recuperação em andamento causam uma série de limitações a revegetação da área, uma vez que expõe o horizonte a um contato lítico direto, rico em mineral primário e naturalmente pobre em matéria orgânica, sem agregação e de alta suscetibilidade a erosão (SOUSA *et al.*, 2006; RODRIGUES *et al.*, 2007; STUMPF *et al.*, 2014).

A camada para revegetação na área do lixão desativado foi construída imediatamente acima do maciço de resíduos, não possuindo qualquer camada de impermeabilização entre os resíduos e a camada para revegetação. De acordo com Lopes *et al.* (2012), apesar de no Brasil não existir nenhuma exigência legal quanto ao tipo de material constituinte para cobertura final de aterros, normalmente, as camadas são construídas com materiais argilosos que são dispostos e compactados sobre o maciço de resíduos para obtenção de uma camada com espessura variando de 50 a 100 cm, adotando-se como parâmetro mínimo uma condutividade hidráulica do solo saturado na ordem de 10<sup>-8</sup> cm s<sup>-1</sup>. Essa camada de cobertura final consiste de um sistema de impermeabilização superior que atua para evitar a infiltração de águas pluviais, além da redução do fluxo vertical de gases de efeito estufa e lixiviados. Apesar da NBR 13.896/97 (ABNT, 1997) prevê a implantação de uma cobertura final visando à impermeabilização superior, nenhuma orientação é encontrada para a camada que deverá receber a vegetação (QI *et al.*, 2013).

Poucos estudos abordam a importância do processo de construção para facilitar a recuperação e revegetação de área degradadas pela disposição de resíduos. Nesse contexto, Inda *et al.* (2010), em estudos na área de mineração, alertam sobre a importância da prévia seleção dos materiais a serem utilizados na construção dos solos, bem como da disposição uniforme destes durante o processo de construção das camadas que deverão sustentar o desenvolvimento vegetal. De

fato, o processo de recuperação de áreas degradadas que prevê a construção da camada para revegetação requer que as camadas de solo sejam repostas na sequência original da área de referência. A reposição das camadas na sequência original se torna quase sempre inviável devido à falta de planejamento inicial na exploração da área, que acaba por gerar a mistura dessas camadas dificultando a reabilitação da área para revegetação. Quinones *et al.* (2008) verificaram que o processo de construção e os materiais utilizados alteraram fortemente as características morfológicas e físicas do solo construído quando comparado ao solo original em áreas recuperadas após a mineração de carvão. Devido a falhas desse tipo no processo de construção, mesmo solos construídos há 24 anos ainda apresentaram sérias limitações para o desenvolvimento da vegetação.

No presente estudo, as diferenças observadas nos atributos físicos e químicos do solo entre as áreas de mata nativa, que é o padrão de referência de qualidade sugerido pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), e o lixão indicam que a intervenção antrópica no sentido de reconstruir a camada para revegetação para o plantio de espécies nativas não conseguiu aproximar as condições da camada para revegetação à condição natural da mata nativa.

Nos solos do semiárido, a predominância da fração areia e os valores de densidade de partículas refletem a mineralogia desses solos composta em grande maioria por fragmentos de rocha e minerais primários facilmente intemperizáveis derivados do material de origem. Essa condição é naturalmente esperada para solos do sertão devido aos baixos índices pluviométricos e alta evapotranspiração do semiárido (ARAÚJO *et al.*, 2010).

A redução da densidade do solo do lixão, possivelmente, decorreu do revolvimento sofrido durante a aplicação da camada de cobertura final sobre o maciço de resíduos, que resultou na quebra de agregados e na aeração do solo. Além de que, durante o processo construtivo pode ter ocorrido a homogeneização das camadas, fato que pode ser verificado pelo mesmo valor de densidade do solo entre as camadas superficiais e subsuperficiais no lixão. Concorre também para a redução da densidade do solo, a possibilidade de adição da matéria orgânica pela decomposição dos resíduos sólidos dispostos no local, fatores que corroboram ao explicar os incrementos observados nos teores de carbono orgânico total no solo do lixão. Anikwe e Nowbodo (2002) também verificaram a redução de 9-13% da densidade do solo, aumentos de 9 a 14% na porosidade total de solo e aumentos de 701-743% no teor de matéria orgânica em áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos.

Se houvesse uma camada de impermeabilização superior na área que isolasse o maciço de resíduo da camada para revegetação, a redução da densidade do solo seria um resultado positivo uma vez que a redução da resistência ao crescimento radicular facilitaria o desenvolvimento inicial da vegetação (FAGERIA, 2006, INDA *et al.*, 2010). Porém, sem a camada de

impermeabilização superior, a redução da densidade e consequente aumento da porosidade, são fatores que podem aumentar o risco de difusão da contaminação em virtude de facilitarem a infiltração de água e aumento da geração de lixiviados, além da emissão de gases de efeito estufa. Bem como, pode indicar a desestruturação dos agregados ao tornar o solo friável, contribuindo para a suscetibilidade ao transporte de sedimentos da área, potencializando o solo como uma fonte de poluição difusa para os demais componentes da bacia hidrográfica, principalmente corpos d'água (AUGUSTIN; VIERO, 2012).

Durante a amostragem do solo na área do lixão, foram observadas evidências de erosão tanto na mata nativa, localizada em cota superior ao lixão, como na área desativada do lixão. A presença de fragmentos de rocha e minerais polidos e arredondados na superfície do solo evidenciou o transporte de material o que agrava o risco de disseminação da contaminação pelo declive e pela proximidade de um corpo d'água, uma vez que o lixão está localizado dentro de uma bacia de drenagem. Em alguns pontos de amostragem no lixão, principalmente na cota inferior, não era possível escavar mais do que 10 cm antes de alcançar o maciço de resíduo. Remom *et al.* (2005) estudaram as características do solo de um antigo aterro metalúrgico e relatam que a primeira característica visível da área de estudo foi a espessura desigual das camadas de solo ao longo de cada transecto. Com essa profundidade, não é possível implantar cobertura vegetal e/ou isolar os resíduos da área circunvizinha que sofre influencia direta desse tipo de uso do solo (AUGUSTIN; VIERO, 2012).

A caracterização química dos solos evidencia solos eutróficos, porém de baixa CTCp nos solos de mata nativa. Vale salientar que essa fertilidade é potencial, uma vez que a liberação de nutrientes ocorre somente após o intemperismo químico dos minerais primários que depende da disponibilidade de água pela precipitação que é escassa na região. A baixa disponibilidade hídrica da região pode conferir uma limitação à regeneração natural da vegetação, e amplia a necessidade da intervenção humana a partir de programas de recuperação de áreas degradadas, reforçando o equívoco no simples abandono da área para uma efetiva recuperação natural do ecossistema a curto prazo (RODRIGUES *et al.*, 2007; QUINONES *et al.*, 2008; FEAM, 2010).

A degradação do solo no ambiente de lixão também pôde ser evidenciada pela alteração adversa dos atributos químicos do solo (ALI *et al.*, 2014). Sendo assim, os incrementos encontrados 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 conservado foram ultrapassados por uma sobrecarga de matéria e energia em sua capacidade suporte para filtrar, tamponar, degradar e imobilizar os elementos liberados pelos resíduos. 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).

Os incrementos significativos na SB, CTCp e V% observados na camada de revegetação do lixão podem ser explicados pela adição de elementos oriundos da decomposição dos resíduos sólidos (ANIKWE; NOWBODO, 2002; COSTA; ZOCHE, 2009), bem como da inversão de horizontes ocorrida durante o processo para cobertura final do lixão.

A alteração para o pH alcalino e a elevação da CE encontrados na área do lixão, podem refletir a exposição de horizonte C, oriunda da inversão de horizontes, que expondo rapidamente os minerais primários aos agentes intempéricos resulta no processo de intemperismo, que é lento, devido ao déficit hídrico na região semiárida, porém contínuo devido a grande riqueza de minerais facilmente intemperizáveis (COSTA;ZOCHE, 2009; CORREA; BENTO, 2010). Essa condição específica da região faz com que seja disponibilizado e mantido constante as concentrações das bases trocáveis  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  (OLIVEIRA *et al.*, 2009), contribuindo ainda para os incrementos observados na PST e RAS no solo do lixão, devido à adição de sais a solução do solo e o baixo potencial de lixiviação dessa solução nessa região (ANIKWE ; NOWBODO, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Concorre também para o aumento do pH no solo do lixão a possibilidade do aumento no teor de matéria orgânica que sofrendo mineralização aumentam as concentrações das bases trocáveis  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  (ANIKWE & NOWBODO, 2002; OKORONKWO *et al.*, 2005; ALI *et al.*, 2014). Remom *et al.* (2005) estudaram as características pedológicas de solo construído sob um antigo aterro metalúrgico e também verificaram a elevação do pH e atribuíram esse aumento ao aporte de sais pela decomposição de resíduos. Para corroborar a hipótese de que a decomposição da matéria orgânica dos resíduos aterrados contribuiu para o aporte significativo de sais pode-se verificar que a CE, PST e RAS apresentaram resultados mais elevados na camada subsuperficial, como também foi observado por Okoronkwo *et al.* (2005). O aumento da salinidade do solo também foi um problema observado em solos de antigos aterros de resíduos analisados por Pastor e Hernández (2012).

O cálcio foi o cátion trocável predominante no complexo de troca do solo tanto do lixão como da mata nativa e principal contribuinte na SB, seguido do  $\text{Mg}^{2+}$  trocável, isso reflete em parte a natureza do material de origem como afirma Correa *et al.* (2003) como também a contribuição do resíduo decomposto (ANIKWE & NOWBODO, 2002; OKORONKWO *et al.*, 2005; ALI *et al.*, 2014). Mantovani *et al.* (2005) verificou que a adubação com composto orgânico oriundo da decomposição de resíduos sólidos urbanos promoveu aumentos de 19% no pH  $\text{CaCl}_2$ , 28% no teor

MO, 81% de P, 27% de K<sup>+</sup>, 178% no teor de Ca<sup>2+</sup> trocável, e 100% no teor de Mg<sup>2+</sup> trocável.

A homogeneidade entre camadas superficiais e subsuperficiais para os teores de bases trocáveis também foram apontados por outros autores. Como Remom *et al.* (2005) que verificaram a ausência de variabilidade dos atributos do solo entre as camadas estudadas no solo construído de um antigo aterro metalúrgico.

Os elevados teores de P disponível e de COT encontrados no solo do lixão, notadamente na camada subsuperficial podem ser explicados pela decomposição de resíduos de restos de alimentos (carnes, frutas, industrializados, enlatados, etc.), carcaças de animais e restos de poda (ANIKWE ; NOWBODO, 2002; GUANGXIA QI, 2013). Dessa forma, é possível verificar que as maiores taxas de aumento de componentes de origem orgânica como COT, P e N estiveram associadas à subsuperfície, que é camada que mantém contato direto com o resíduo, e pode estar associada à decomposição dos resíduos orgânicos.

A elevada disponibilidade de P observado no solo do lixão é problemática quando se observa a ausência de estabilização física do solo e de cobertura vegetal apropriada, contribuindo para a alta suscetibilidade desse solo a erosão, o que amplia o potencial desse solo atuar como fonte difusa de contaminação concorrendo para eutrofização de corpos d'água superficiais (EKHOLM *et al.*, 2012). De acordo com ERNANI *et al.* (1996) e ERNANI *et al.* (2001), em pH alcalino o fósforo que está em excesso tornam se mais livre para ser lixiviado, desta forma aumentando o risco potencial para contaminação do solo e das águas.

Em adição ao fósforo e COT, o maior teor de nitrogênio na camada subsuperficial do lixão corrobora a ideia de que o aporte desses elementos está ocorrendo a partir da translocação da camada de maciço de resíduos em direção à superfície pelo processo de ascensão capilar, típico da região semiárida. ANIKWE ; NOWBODO (2002) encontraram em seus estudos um acréscimo de até 700% nos teores de MO e N em áreas de disposição de resíduos em Abakaliki na Nigéria.

A maior porosidade do solo na área de lixão também pode atuar facilitando o fluxo vertical de nutrientes e contaminantes advindos da decomposição da matéria orgânica contida nos resíduos sólidos aterrados, uma vez que, como mencionado anteriormente, essas camadas estão em contato direto, sem a presença de uma camada de impermeabilização superior. Vale ressaltar, que no solo de mata nativa os maiores teores de P estiveram presentes na camada superficial, o que indica aporte desse elemento ao solo via adição de matéria orgânica pela serrapilheira e não pelo material de origem desse solo (FRACETTO *et al.*, 2012).

As alterações associadas à disposição inadequada dos resíduos, bem como a ausência de uma camada para impermeabilização superior do maciço de resíduos após o encerramento do lixão, alertam para importância da recuperação e

monitoramento dessa área (ADAMCÔVA *et al.*, 2017). A avaliação precisa dos riscos em locais de disposição de resíduos deve considerar também o risco de transferência vertical de metais pesados, tanto para as águas subterrâneas como para o solo de cobertura e, conseqüentemente, para a vegetação. A geração de lixiviados tem sido negligenciada na suposição de ser mínima dessa ser insignificante ao considerar a baixa taxa de precipitação, porém, diversos estudos têm relatado o potencial dessas áreas na transferência vertical desses lixiviados em regiões semiáridas (Al - YAGOUT; HAMODA, 2003; PASTOR; HERNÁNDEZ, 2012).

Diante do exposto, as características da cobertura final avaliadas neste estudo indicam sérias deficiências para promover o processo de recuperação ambiental dessas áreas. Uma das conseqüências é a perda da qualidade do solo evidenciada pela alteração dos atributos físicos e químicos quando comparados à área de referência ambiental.

## 5-CONCLUSÃO

As diferenças entre os atributos físicos e 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.

A ausência de impermeabilização superior, ao permitir a transferência vertical entre o maciço de resíduos e a cobertura final, promoveu o enriquecimento por sais que pode comprometer a revegetação.

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.

## REFERÊNCIAS

ABICHOU, T.; KORMI, T.; YUAN, L.; JOHNSON, T.; FRANCISCO, E. Modeling the effects of vegetation on methane oxidation and emissions through soil landfill final covers across different climates. **Waste Management**, v. 36, p. 230–240, 2015.

ADAMCOVÁ, D. *et al.* Environmental assessment of the effects of a municipal landfill on the content and distribution of heavy metals in *Tanacetum vulgare* L. **Chemosphere**, v. 185, p. 1011–1018, 2017.

AL-YAQOUT, A. F.; HAMODA, M. F. Evaluation of landfill leachate in arid climate – a case study. **Environment International**, v. 29, p. 593-600, 2003.

ALI, S. M. et al. Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. **Journal of King Saud University - Science**, v. 26, n. 1, p. 59–65, 2014.

ALVES, A.G.C. et al.; Caracterização etnopedológica de planossolos utilizados em cerâmica artesanal no agreste paraibano. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.29, p.379-388, 2005.

ANIKWE, M. A. N.; NWOBODO, K. C. A. Long term effect of municipal waste disposal on soil properties and productivity of sites used for urban agriculture in Abakaliki, Nigeria. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 241–250, 2002.

ARAÚJO, et al. Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Caatinga vegetation in Northeastern Brazil. **Revista Zoologia**, v.27, p.372-376, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. São Paulo, p.64. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.896**: aterros de resíduos não perigosos – critérios de projeto, implantação e operação - procedimentos. Rio de Janeiro, 1997.

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**. v. 67, n. 5, p. 1521-1530, 2012.

BOZKUT, S.; SILVERT, M.;NERETNIEKS, I. The long-term evolution of and transport processes in a self-sustained final cover on waste deposits. **The Science of the Total Environment**, p. 145-168, 2001.

BRASIL. **Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

CHEN, X. W. et al. Comparison of plant and bacterial communities between a subtropical landfill topsoil 15 years after restoration and a natural area. **Waste Management**, v. 63, p. 49–57, 2017.

CORREA, M. M. *et al.* Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.27, p.311-324, 2003.

CORREA, R. S.; BENTO, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no Distrito Federal. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, p.1435-1443, 2010.

COSTA, S.; ZOCHE, J. J; Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.4, p.665-674, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução n. 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Publicado no DOU nº 249, de 30/12/2009, p. 81-84, 2009.

DWYER, S. F. **Landfill covers: is it time to change current regulations?**. Albuquerque: Sandia National Laboratories, p. 25, 2000.

EKHOLM, P.; LEHTORANTA, J. Does control of soil erosion inhibit aquatic eutrophication? **Journal of Environmental Management**, v. 93, p. 140-146, 2012.

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

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

ERNANI, P. R. *et al.* Decréscimo da retenção de fósforo no solo pelo aumento do pH. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.20, p.159-162, 1996.

ERNANI, P. R; STECKLING, C.; BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 25, p. 939-946, 2001.

FAGERIA N. K. **Qualidade do solo e meio ambiente**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 35, 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Caderno Técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos**. Fundação Israel Pinheiro, Belo Horizonte, 2010.

FRACETTO, F. J. C.; FRACETTO, G. G. M.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J.; SIQUEIRA NETO, M. Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na caatinga. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1545-1552, 2012.

GUANGXIA QI, *et al.* Impact assessment of intermediate soil cover on landfill stabilization by characterizing landfilled municipal solid waste. **Journal of Environmental Management**, v. 128, p. 259-265, 2013.

INDA *et al.* Atributos químicos relacionados ao processo de sulfurização em solos construídos após mineração de carvão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, p. 1060-1067, 2010.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE- IDEMA. **Perfil do seu município: São João do Sabugi**. Disponível em: < <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000013860.PDF>> Acesso em 9 ago. 2017.

KOTTEK, M. *et al.* World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.

LONDE, P.R; BITAR, N. A. B. **Importância do uso de vegetação para contenção e combate à erosão em taludes do lixão desativado no município de Patos de Minas (MG)**. Perquirere, Patos de Minas, v. 8, n.2, p.224-249, 2011.

LOPES, R. L.; MACIEL, F. J.; JUCÁ J. F. T. Avaliação da emissão de metano em aterro experimental de resíduos sólidos na Muribeca/PE-Brasil. **Revista Aids de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**. v.5, n.1, p. 107 - 116, 2012.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Produção de alface acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.758-762, 2005.

MONTEIRO, J. H. P. *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

OKORONKWO, N. E.; ANO A. O.; ONWUCHEKWA, E. C. Environment, health and risk assessment: a case study of the use of an abandoned municipal waste dump site for agricultural purposes. **African Journal of Biotechnology**, v.4, n.11, p. 1217-1221, 2005.

OLIVEIRA, L. B. *et al.* Morfologia e classificação de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 33, p. 1333-1345, 2009.

PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A.J. Heavy metals, salts and organic residues in old solid urban waste landfills and surface waters in their discharge areas: Determinants for restoring their impact. **Journal Environmental Management**, v. 95, p. 542-549, 2012.

QI, G. *et al.* Impact assessment of intermediate soil cover on landfill stabilization by characterizing landfilled municipal solid waste. **Journal of Environmental Management**, v. 128, p. 259–265, 2013.

QUINONES *et al.* Características de solos construídos após mineração de carvão relacionadas ao processo de construção e à composição do material utilizado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1564-1571, 2008.

REMOM, E., *et al.* Soil characteristics, heavy metal availability and vegetation recovery at a former metallurgical landfill: Implications in risk assessment and site restoration. **Environmental Pollution**, v. 137, n. 2, p. 316-323, 2005.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte**. Produto 2: Panorama dos Resíduos Sólidos no Estado do Rio Grande do Norte. Natal, p. 562, 2015.

RODRIGUES, *et al.* Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande/ PB, v. 11, n. 1, p. 73–80, 2007.

SAMUEL-ROSA, A.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A. Caracterização do solo de cobertura de aterros encerrados com ferramentas (geo)estatísticas. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.16, n.2, p. 21-126, 2011.

SAS Institute. **Statistical analysis system**: Procedure guide for personal computer. Version 8. Cary, 1999.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; ABREU JUNIOR, J. S. Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. **Revista Universidade Alfenas**, v.5, p. 21-26, 1999.

SOUSA *et al.* **Avaliação do crescimento de espécies arbóreas nativas em solo reconstituído e compactado**: Rodovia BR-277, Porto Amazonas, PR. Embrapa Florestas, Colombo, 2006.

STUMPF, L. *at al.* Perennial grasses for recovery of the aggregation capacity of a reconstructed soil in a coal mining área in southern Brazil. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.38, p. 327-335, 2014.

**ABSTRACT:** Inadequate disposal of solid waste in dumps alters the natural characteristics of the soil and may cause impacts on the other components of the watershed. An alternative for the recovery of these areas is phytostabilization, which provides for erosion control and visual improvement of the area from revegetation. In this context, this study aimed to evaluate the physical and chemical attributes of the soil used for the final coverage of a deactivated dump in a tropical semiarid region in order to assist the recovery process of this area. The study area is in the tropical semiarid region of São João do Sabugi/RN. Soil samples were collected in the dumps area and in native forest as a reference quality standard. (PH, K +, Na +, Ca<sup>2</sup> +, Mg<sup>2</sup> + and Al<sup>3</sup> + exchangeable, potential acidity, available phosphorus, sum of bases, CTC, base saturation, Al saturation, Na + saturation and sodium adsorption ratio, total organic carbon and total nitrogen). The results demonstrate a reduction of soil quality in the deactivated area of the dump, compromising the development of the native vegetation and the recovery of the area. The absence of superior waterproofing promoted the enrichment by excess chemical elements, allowing the revegetation impairment. The deficiencies detected in the constructive process of the final coverage point to the need for intervention in order to accelerate the process of stabilization and recovery of the local ecosystem.

**KEYWORDS:** Dump. Recovery. Revegetation. phytostabilization

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-93243-69-1

