



Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# Engenharia Ambiental e Sanitária: Interfaces do Conhecimento

**Atena**  
Editora

Ano 2019

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# Engenharia Ambiental e Sanitária: Interfaces do Conhecimento

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
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. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>Engenharia ambiental e sanitária [recurso eletrônico] : interfaces do conhecimento / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Engenharia Ambiental e Sanitária. Interfaces do Conhecimento; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-693-5 DOI 10.22533/at.ed.935190910</p> <p>1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 628.362</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Ambiental e Sanitária Interfaces do Conhecimento*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 26 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental e sanitária, tendo como base suas diversas interfaces do conhecimento.

Entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, o setor de saneamento.

A questão das interfaces entre saneamento e recursos hídricos coloca-se no saneamento como usuário de água e como instrumento de controle de poluição, em consequência, de preservação dos recursos hídricos.

Estas interfaces, como linhas integradas prioritárias de pesquisa, relacionam-se ao desenvolvimento e a inovação, seja de caráter científico e tecnológico, entre as áreas de recursos hídricos, saneamento, meio ambiente e saúde pública.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia ambiental e sanitária, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas interfaces do conhecimento da engenharia ambiental e sanitária. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A CONSCIENTIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL, COM OS ATORES ENVOLVIDOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Luis Fernando Moreira Rudson Adriano Rossato da Luz Eberson Cordeiro de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ESCRITÓRIO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO	
Silvio Rocha da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA SABESP	
Diogo Ávila de Castro Wagner Preda de Queiroz Rérison Otoni Araujo José Luis Januário	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>43</b>
XII-015 - APLICAÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA DETERMINAR CONFIABILIDADE DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ELÉTRICA	
Floriano do Ó do Nascimento Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL PARA A RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTRATÉGIAS E INSTRUMENTOS	
Tainá Ângela Vedovello Bimbati Emília Wanda Rutkowski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>64</b>
DIAGNÓSTICO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SAÚDE A PARTIR DE UMA FERRAMENTA DE AUTOANÁLISE	
Luiza Portz Rosí Cristina Espíndola da Silveira Ênio Leandro Machado Lourdes Teresinha Kist	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9351909106</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 75**

DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM UM JARDIM BOTÂNICO

Eduardo Antonio Maia Lins  
Natália de Cássia Silva Melo  
Luiz Oliveira da Costa Filho  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Sérgio Carvalho de Paiva  
Fábio José de Araújo Pedrosa  
Cecília Maria Mota Silva Lins  
Andréa Cristina Baltar Barros  
Maria Clara Pestana Calsa  
Adriane Mendes Vieira Mota  
Roberta Richard Pinto  
Daniele de Castro Pessoa de Melo

**DOI 10.22533/at.ed.9351909107**

**CAPÍTULO 8 ..... 86**

DINÂMICA DO SÓDIO EM ARGISSOLO IRRIGADO COM PERCOLADO DE ATERRO SANITÁRIO E ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Daniela da Costa Leite Coelho  
Ana Beatriz Alves de Araújo  
Rafael Oliveira Batista  
Paulo César Moura da Silva  
Nildo da Silva Dias  
Ketson Bruno da Silva  
Fabrícia Gratyelli Bezerra Costa  
Francisco de Oliveira Mesquita  
Alex Pinheiro Feitosa

**DOI 10.22533/at.ed.9351909108**

**CAPÍTULO 9 ..... 97**

EVOLUÇÃO DE ADESÃO DA COLETA SELETIVA NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ DE 2002 A 2017

Leticia Framesche  
Thiago Silva Souza  
Ivonete de Souza Gabriel  
Ana Paula Tanabe  
Máriam Trierveiler Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.9351909109**

**CAPÍTULO 10 ..... 108**

EXPOSIÇÃO COMBINADA A MÚLTIPLOS CONTAMINANTES AMBIENTAIS: CONCEITOS E ANÁLISE EXPLORATÓRIA

Ana Lúcia Silva

**DOI 10.22533/at.ed.93519091010**

**CAPÍTULO 11 ..... 128**

FAXINEIRA DE SOLOS

Luiza Mayumi Hirai

**DOI 10.22533/at.ed.93519091011**

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>132</b>
GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE E VULNERABILIDADE EM BOÇOROCA URBANA-RURAL	
Fabrícia Vieira Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091012</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>143</b>
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE HORMÔNIOS REPORTADOS EM MATRIZES AMBIENTAIS AQUOSAS NO BRASIL E NO EXTERIOR	
Thamara Costa Resende João Monteiro Neto Taiza dos Santos Azevedo Sue Ellen Costa Bottrel Renata de Oliveira Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091013</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>167</b>
IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS REFERENTES AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA EM PRÉDIOS PÚBLICOS DO SETOR DE EDUCAÇÃO DA ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL NO VALE DO RIBEIRA - SP	
Luciano Zanella Wolney Castilho Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091014</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>180</b>
INOVAÇÃO DE PROCESSO – UM ESTUDO DE CASO SOBRE A EFICIÊNCIA COMERCIAL	
Vanderléia Loff Lavall Cesar Augusto Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091015</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>190</b>
METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM INSTITUIÇÕES	
Clauciana Schmidt Bueno de Moraes Larissa Marchetti Dolphine Adriana Yumi Maeda Danielle Mayara Pereira Lobo Bruna Ferrari Felipe Ananda Islas da Silva Stephani Cristine de Souza Lima Willian Leandro Henrique Pinto Flávia Moretto Paccola	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091016</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>203</b>
MONTAGEM E MANUTENÇÃO DE TUBULAÇÕES EM PEAD COM GRANDES DIÂMETROS	
Renato Augusto Costa dos Santos José Leandro Alves de Oliveira Felipe Augusto Eiras de Resende	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091017</b>	



<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>216</b>
PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE PROCESSOS DE BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA A IMPLANTAÇÃO EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO A MÉDIO PORTE	
Cláudia Echevengua Teixeira	
Débora do Carmo Linhares	
Patrícia Léo	
Thomaz de Gouveia	
Letícia dos Santos Macedo	
Bruna Patrícia de Oliveira	
Gilberto Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091018</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>228</b>
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE	
Ivan Cesar Tremarin	
Dionei Minuzzi Dalevati	
Ênio Leandro Machado	
Odorico Konrad	
Camila Hasan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091019</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>241</b>
REMOÇÃO DE AMÔNIA POR ADSORÇÃO COM ARGILA BENTONITA	
Juliana Dotto	
Aline Roberta de Pauli	
Isabella Cristina Dall' Oglio	
Fernando Rodolfo Espinoza-Quiñones	
Helton José Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091020</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>251</b>
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL: ORIENTAÇÕES, DIRETRIZES E CRITÉRIOS	
Neyton Hideki Tadeu Araki	
Maria Fernanda Sala Minucci	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091021</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>263</b>
A URBANIZAÇÃO E O DESENCADEAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL NA CIDADE DE MARINGÁ-PR	
Lourival Domingos Zamuner	
Cláudia Telles Benatti	
Bruno Henrique Toná Juliani	
Cristhiane Michiko Passos Okawa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.93519091022</b>	

**CAPÍTULO 23 ..... 272**

**ANÁLISE DE IMPACTO AMBIENTAL EM UM COMPLEXO EÓLICO**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Maria Juliana Miranda Correia da Cruz  
Luiz Oliveira da Costa Filho  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Sérgio de Carvalho Paiva  
Fábio José de Araújo Pedrosa  
Cecília Maria Mota Silva Lins  
Andréa Cristina Baltar Barros  
Maria Clara Pestana Calsa  
Adriane Mendes Vieira Mota  
Roberta Richard Pinto  
Daniele de Castro Pessoa de Melo

**DOI 10.22533/at.ed.93519091023**

**CAPÍTULO 24 ..... 285**

**EFEITOS DE DILUIÇÕES DE ÁGUA PRODUZIDA DO PETRÓLEO NO DESENVOLVIMENTO DO GIRASSOL CULTIVADO EM CASA DE VEGETAÇÃO**

Audilene Dantas da Silva  
Rafael Oliveira Batista  
Fabrícia Gratyelli Bezerra Costa Fernandes  
Leonardo Cordeiro da Silva  
Igor Estevão Sousa Medeiros  
Jéssica Sousa Dantas  
Juli Emille Pereira de Melo  
Emmilia Priscila Pinto do Nascimento  
Raionara Dantas Fonseca  
Antonio Diego da Silva Teixeira  
Ana Beatriz Alves de Araújo  
Aline Daniele Lucena de Melo Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.93519091024**

**CAPÍTULO 25 ..... 297**

**RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: A DISPOSIÇÃO ILEGAL E SEUS IMPACTOS NA RESILIÊNCIA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO**

Kátia Regina Alves Nunes  
Cláudio Fernando Mahler  
Orlando Sodré Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.93519091025**

**CAPÍTULO 26 ..... 303**

**EFEITO DA ADIÇÃO DE ÁGUA AO LODO DE ESGOTO NA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA EM BIODIGESTOR**

Ariane da Silva Bergossi  
Juliana Lobo Paes  
Priscilla Tojado dos Santos  
Romulo Cardoso Valadão  
Maxmillian Alves de Oliveira Merlo  
Guilherme Araujo Rocha  
João Paulo Barreto Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.93519091026**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>315</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>316</b>

## DINÂMICA DO SÓDIO EM ARGISSOLO IRRIGADO COM PERCOLADO DE ATERRO SANITÁRIO E ÁGUA DE ABASTECIMENTO

### **Daniela da Costa Leite Coelho**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Professora adjunta do Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Ana Beatriz Alves de Araújo**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Doutora em Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Rafael Oliveira Batista**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Professor associado do Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Paulo César Moura da Silva**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Professor associado do Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Nildo da Silva Dias**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Professor associado do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Ketson Bruno da Silva**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Doutor em Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Fabrcia Gratyelli Bezerra Costa**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Doutora em Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Francisco de Oliveira Mesquita**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Doutor em Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do Norte.

### **Alex Pinheiro Feitosa**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,  
Professor adjunto do Departamento de Departamento de Engenharias E Tecnologia. Pau do Ferros – Rio Grande do Norte.

**RESUMO:** Este trabalho objetivou analisar o efeito da aplicação de dosagens de percolado de aterro sanitário (PATS) mais água de abastecimento (AA), nos valores do sódio e da porcentagem de saturação de sódio (PST) de um Argissolo cultivado com capim elefante. O experimento foi montado, no período de abril a agosto de 2012, em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as dosagens de PATS mais AA (T1 - 0 mm de PATS mais AA; T2 - 1 mm de PATS mais AA; T3 - 2 mm de PATS mais AA; T4 - 3 mm de PATS mais AA; e T5 - 4 mm de PATS mais AA), nas subparcelas as profundidades analisadas (0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m) e nas subdivididas os tempos de amostragem (0, 30, 60, 90 e 120 dias). Amostras de solo foram coletadas a cada 30 dias, durante 120 dias, para caracterização de sódio e PST. A aplicação de PATS proporcionou significativa alteração nos valores de sódio e PST do solo,

tendo ocorrido acúmulo de sódio, principalmente, na camada superficial (0,0 a 0,2m).

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo sólido urbano, lixiviado, uso agrícola, sodificação.

## SODIUM DYNAMICS IN IRRIGATED ULTISOL WITH LANDFILL LEACHATE AND WATER SUPPLY

**ABSTRACT:** This study aimed to analyze the effect of applying dosages of leachate landfill (PATS) more water supply (AA) in sodium and the percentage of sodium saturation (PST) values from a cultivated Ultisol with *Pennisetum purpureum*. The experiment was carried out from April to August of 2012 in split-split plot scheme, where PATS plus AA dosages (T1 - 0 mm PATS + AA, T2 - 1 mm PATS + AA, T3 - 2 mm PATS + AA, T4 - 3 mm PATS + AA, and T5 - 4 mm PATS + AA) in plot, analysed depths (0 to 0.2 m and 0.2 to 0.4 m) in splitplots and the sampling times (0, 30, 60, 90 and 120 days) on splitsplitplots. Soil samples were collected every 30 days for 120 days to characterize of sodium e PST. The PATS application provided a significant change in values of sodium and PST of the soil, occurring mainly accumulation of sodium in the surface layer (0.0 to 0.2m).

**KEYWORDS:** Municipal solid waste, leachate, agricultural use, sodification.

### 1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, a disposição de resíduos sólidos urbanos vem se diversificando ao longo do tempo, passando de aterro comum para sistemas complexos de disposição final, sendo o aterro sanitário umas das formas mais recomendadas (Moreira et al., 2011).

Entretanto, o aterro sanitário requer preocupações cotidianas no que se refere às medidas de proteção do ambiente local e próximo, tendo em vista o impacto dos vetores da poluição e contaminação dessa instalação de disposição final, os gases e os importantes volumes de percolados gerados (Castilhos Junior et al., 2010).

O percolado de aterro sanitário é um líquido resultante da interação entre o processo de biodegradação da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos e da infiltração de águas pluviais que solubilizam componentes orgânicos, que apresenta cor escura e alto potencial de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas (Castro et al., 2012; Mesquita et al., 2015).

O sódio, presente em concentrações elevadas no percolado, por ser um cátion de alta solubilidade e por apresentar maior raio de hidratação em relação aos outros íons, pode proporcionar aumento na condutividade elétrica (Coelho et al., 2015a,b) e provocar diminuição no potencial osmótico do solo, distúrbios e comprometimento do desenvolvimento das plantas (Matos et al., 2013).

Além disso, Silva et al. (2010) alertaram que como cátion monovalente, o sódio, pode ser adsorvido aos colóides de solo e, quando em elevadas concentrações,

é capaz de deslocar o cálcio e o potássio desse complexo de troca, diminuindo assim a espessura da dupla camada difusa de Stern. Onde alguns cátions de menor raio iônico, ao se hidratarem eles apresentem maior raio e, portanto, produzem menor espessura da dupla camada, condição passível de afetar, em determinadas situações, a estrutura do solo (Birk et al., 2010).

Diante o exposto, objetivou-se com este trabalho analisar o efeito da aplicação de distintas dosagens de percolato de aterro sanitário e água de abastecimento na alteração dos teores de sódio trocável e do percentual de sódio trocável de um Argissolo cultivado com capim elefante.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área experimental

Para realização deste trabalho, montou-se uma área experimental no Parque Zoobotânico da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) em Mossoró-RN, sob coordenadas geográficas 5°11'31''S e 37°20'40''O. De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Mossoró-RN é do tipo BSwH' (Alvares et al., 2013).

Segundo EMBRAPA (2013), o solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-amarelo eutrófico. Na Tabela 1 constam os valores das principais características químicas e físicas do solo, antes da aplicação do percolato de aterro sanitário, obtidos pela metodologia proposta por Donagema et al. (2011).

Profundidade (m)	pH H <sub>2</sub> O	M.O. dag kg <sup>-1</sup>	Na <sup>+</sup> mg dm <sup>-3</sup>	Ca <sup>2+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg <sup>2+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	CTC <sub>T</sub> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
0,0 a 0,20	6,60	0,68	13,64	2,09	0,79	3,21	3,49
0,20 a 0,40	6,60	0,57	9,28	2,46	1,17	3,98	4,28
Profundidade (m)	Densidade do solo g cm <sup>-3</sup>		Areia .....kg kg <sup>-1</sup> .....	Silte	Argila	Umidade (%)	
0 a 0,20	1,61		0,86	0,1	0,05	11,43	3,67
0,20 a 0,40	1,65		0,71	0,07	0,23	21,47	14,17

Tabela 1. Valores das características químicas e físicas do solo, antes da aplicação do percolato de aterro sanitário

Nota: M.O. – matéria orgânica; Na<sup>+</sup> - sódio trocável; Ca<sup>2+</sup> - cálcio trocável; Mg<sup>2+</sup> - magnésio trocável; SB – soma de bases; e CTC<sub>T</sub> – capacidade de troca catiônica total.

### 2.2 Instalação e condução do experimento

O plantio do capim elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) foi realizado no dia 21 de abril de 2012, sendo colocados nove colmos por parcela. A necessidade hídrica do capim elefante foi estimada com base na evapotranspiração de referência, empregando a equação de Penman-Monteith.

A área experimental ocupou uma área de 38,44 m<sup>2</sup>, onde foram delimitadas 25 parcelas, cada uma nas dimensões de 1,0 x 1,0 m (1,0 m<sup>2</sup>) tendo espaçamento de 0,30 m entre parcelas. Os tratamentos aplicados foram: a) T1 - Somente água de abastecimento pela demanda hídrica da cultura (AA); b) T2 - 1 mm de percolado de aterro sanitário (PATS) mais AA; c) T3 - 2 mm de PATS mais AA; T4 - 3 mm de PATS mais AA; e T5 – 4 mm de PATS mais AA. As lâminas dos tratamentos utilizadas nos ensaios experimentais estão apresentadas na Tabela 2.

Lâminas (mm)	Tratamentos				
	T1	T2	T2	T4	T5
PATS	0	60	120	180	240
AA	1066,56	1066,56	1066,56	1066,56	1066,56
PATS + AA	1066,56	1126,56	1186,56	1246,56	1306,56

Tabela 2. Lâminas dos tratamentos com dosagens de percolado de aterro sanitário (PATS) mais água de abastecimento (AA), utilizados nos ensaios experimentais

Na aplicação da água de abastecimento foram utilizados os seguintes componentes: a) Um reservatório de concreto de 16 m<sup>3</sup>; b) Um conjunto motobomba de 1/4 cv com um filtro de disco, com aberturas de 130  $\mu$ m; c) Uma linha principal em PVC com 32 mm de diâmetro; e d) 24 linhas laterais com emissores não-autocompensantes de 1,6 L h<sup>-1</sup> de vazão nominal e espaçamento entre emissores de 0,30 m.

Enquanto, a aplicação do percolado de aterro sanitário ocorreu da seguinte forma: a) Mistura do percolado dentro de um reservatório, para homogeneização do fluido, minimizando o efeito de sedimentação; b) Medição da quantidade específica dentro de um balde graduado; c) Transferência da quantidade medida para um regador; e d) Aplicação do percolado com auxílio de um regador, diretamente, no solo, dentro de cada parcela, minimizando-se contato direto do líquido com o capim elefante.

Nos ensaios experimentais utilizou-se o percolado do aterro sanitário do município de Mossoró-RN. No transporte do percolado do aterro até a área experimental utilizou-se um reservatório impermeabilizado de 1,0 m<sup>3</sup>. Enquanto, a água de abastecimento utilizada nos ensaios foi oriunda da rede pública da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte - CAERN.

As características físico-químicas do percolado de aterro sanitário e da água da rede de abastecimento foram obtidas, mensalmente, no período de maio a agosto de 2012, seguindo as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e estão apresentadas na Tabela 3.

Fluídos	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )
PATS	7,45±0,45	16,40±1,68	116,61±23,86	10,44±3,15	18,38±8,73	75,00±28,87	58,55±13,86
AA	7,47±0,36	0,76±0,30	5,50±1,25	2,98±1,76	2,86±0,62	4,95±2,04	0,39±0,06

Tabela 3. Valores médios e desvios padrão de características químicas do percolado de aterro sanitário (PATS) e da água de abastecimento (AA), oriundos de quatro amostragens realizadas no período de maio a agosto de 2012

Nota: CE - condutividade elétrica; Na<sup>+</sup> - sódio disponível; Ca<sup>2+</sup> - cálcio disponível; Mg<sup>2+</sup> - magnésio disponível; Cl<sup>-</sup> - cloreto; e K<sup>+</sup> - potássio disponível.

Os ensaios experimentais ocorreram no período abril a agosto de 2012 por meio da coleta de amostras de solo nas 25 parcelas. As amostragens de solo foram realizadas a cada 30 dias, até a corte do capim elefante (120 dias) nas camadas de 0,0 a 0,2 e de 0,2 a 0,4 m.

Posteriormente, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos estéreis etiquetados e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP) da UFERSA; onde foram quantificados os teores de sódio trocável (Na<sup>+</sup>). O Na<sup>+</sup> foi determinado por fotometria de chama, em alíquotas retiradas do sobrenadante após terem sido as amostras de solo agitadas com o Extrator Mehlich 1 (Donagema et al., 2011).

O percentual de sódio trocável (PST) indicativo da proporção de sódio adsorvida no complexo de troca de cátions do solo, foi calculado utilizando-se a seguinte equação:

$$PST = \frac{Na^+}{CTC_T} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que:

Na - sódio trocável, em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e

CTC<sub>T</sub> - capacidade de troca catiônica total do solo, em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

## 2.3 Análise Estatística

O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as dosagens de percolado de aterro sanitário mais água de abastecimento (T1, T2, T3, T4 e T5), nas subparcelas as profundidades analisadas (0,0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m) e nas subsubparcelas os tempos de amostragem (0, 30, 60, 90 e 120 dias), no delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, seguindo a metodologia proposta por Silva et al. (2010) e Silva et al. (2011).

Os dados de Na<sup>+</sup> e PST foram submetidos à análise de variância, empregando-se Teste F a 0,05 de probabilidade. Estes dados, também, foram submetidos à análise de regressão; onde os modelos de regressão foram escolhidos com base



na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t em nível de até 15% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no processo em estudo, como recomendado por Silva et al. (2010).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se, na Tabela 4, que não houve diferença estatística para a interação TA x P x T em referência às variáveis  $Na^+$  e PST. Os valores de CV subsubparcelas foram de 56,71% e 41,71% para as variáveis  $Na^+$  e PST, respectivamente. Em condições experimentais diferentes, Oliveira et al. (1999) encontraram valores de CV de 65,93% e 62,96% para as variáveis  $Na^+$  e PST de um solo salino-sódico de origem aluvial, no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, município de Sousa-PB.

Estabelecendo comparação entre T1 e os demais tratamentos, notou-se que houve incremento do  $Na^+$ , nas camadas de 0,0 a 0,2m e de 0,2 a 0,4m do perfil do solo, quando as doses de percolado de aterro sanitário foram aumentadas (Figura 1A). No entanto, os maiores incrementos de  $Na^+$  ocorreram na camada mais superficial (0,0 a 0,20m), devido à concentração dos sais na zona do bulbo molhado, onde há uma maior evaporação da água no solo, promovendo o acúmulo dos sais, também, na zona radicular das plantas.

Garcia et al. (2012), em condições experimentais diferentes, verificaram no solo cultivado com Tifton 85 e Capim Marandu que os teores de  $Na^+$  foram superiores nos tratamentos que receberam a aplicação de água residuária doméstica tratada, em relação àquele que recebeu somente adubação mineral.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	
		$Na^+$	PST
Blocos	4	99642,29	66,16
Tratamento (T)	4	804248,30**	1335,86**
Resíduos (a)	16	105413,10	129,99
Profundidade (P)	1	3727871,00**	3006,71**
P x T	4	102605,50 <sup>ns</sup>	102,14 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	16	85867,31	112,19
Tempo de avaliação (TA) (TA)	4	2820426,00**	7549,34**
TA x T	16	120652,20**	129,14**
TA x P	4	598835,90**	529,80 <sup>ns</sup>
TA x P x T	16	76575,62 <sup>ns</sup>	66,37 <sup>ns</sup>
Resíduo (c)	164	48344,12	77,59
CV parcela (%)		83,73	53,99
CV subparcela (%)		75,57	50,15
CV subsubparcela (%)		56,71	41,71

Tabela 4. Resumo da análise de variância das variáveis  $Na^+$  e PST, no esquema de parcelas subsubdivididas

Nota: \*\*, \* e <sup>ns</sup>, F significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo a 0,05 de probabilidade. CV – coeficiente de variação.

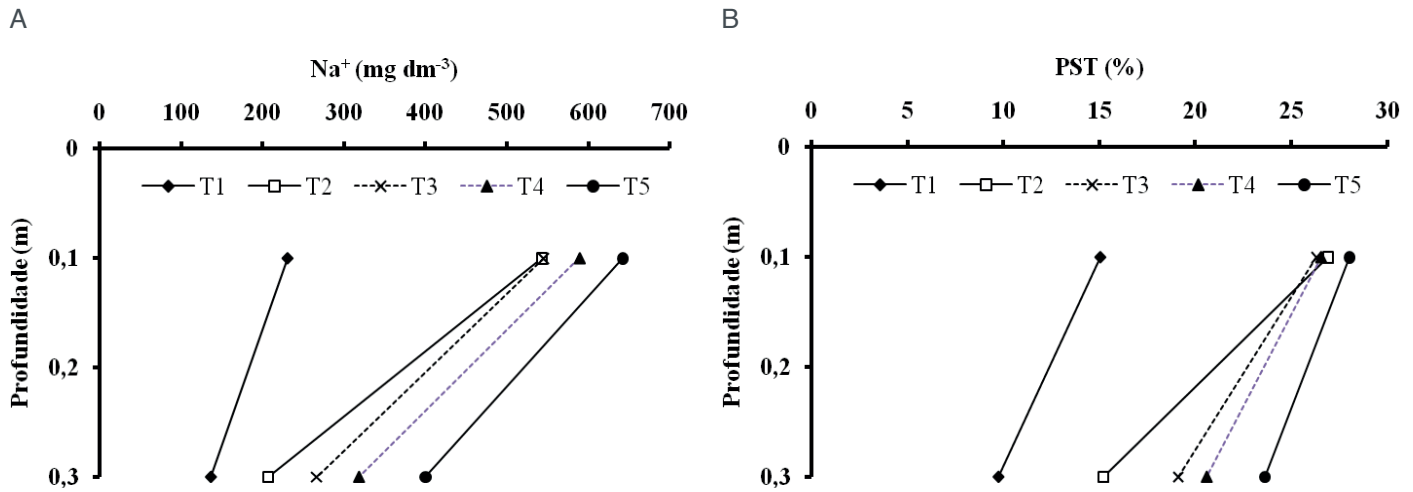


Figura 1. Concentração de sódio trocável (A) e percentual de sódio trocável (B) no perfil do solo, em função da profundidade, referente às doses do percolado de aterro sanitário mais água de abastecimento.

Segundo Erthal et al. (2010), altas concentrações de Na<sup>+</sup> na solução do solo em comparação com o Ca<sup>2+</sup> e o Mg<sup>2+</sup>, podem causar deterioração da estrutura do solo, pela dispersão dos colóides e, subsequente, entupimento dos macroporos, causando decréscimo na permeabilidade, à água e aos gases.

Notou-se, também, que T5 (Figura 1A), correspondente à maior dose de percolado de aterro sanitário, proporcionou maior concentração de Na<sup>+</sup> no solo, nas duas profundidades estudadas, tendo-se obtido valores tão altos como 642 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 0,0 a 0,2 m. A principal razão para que isto tenha ocorrido foi a adição de Na<sup>+</sup> proporcionada pela aplicação do percolado de aterro sanitário que, conforme apresentado na Tabela 3, é rico neste elemento químico (o sódio pode estar presente em concentração média de 116,61 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>, equivalente a 2681 mg L<sup>-1</sup>, no percolado de aterro sanitário utilizado).

Em condições experimentais diferentes, Silva et al. (2010) encontraram teores máximos de Na<sup>+</sup> de 170 mg dm<sup>-3</sup>, na camada 0,0 a 0,1 m de um Cambissolo Háplico Tb distrófico latossólico irrigado com a maior dose de percolado de resíduo sólido urbano dentre os tratamentos ensaiados, durante um período de oito meses.

Evidenciou-se ainda, na Figura 1A, que os tratamentos T2, T3, T4 e T5 ocasionaram lixiviação do Na<sup>+</sup> da camada de 0,0 a 0,2 m para a camada de 0,2 a 0,4, quando estes são comparados com o tratamento-testemunha (T1), corroborando com os resultados obtidos por Silva et al. (2010) com percolado de resíduo sólido urbano irrigando Cambissolo, em condições experimentais diferentes das encontradas no presente estudo.

Segundo Smith et al. (2009), alto nível de Na<sup>+</sup> ocasiona degradação da estrutura do solo, dispersão da argila e toxidez nas plantas podendo até impedir a germinação das sementes e o desenvolvimento das raízes das plantas.

Observou, na Figura 1B, que houve incremento do PST nas camadas de 0,0 a 0,2 m e de 0,2 a 0,4 m do perfil do solo, quando as doses do percolado de aterro

sanitário foram aumentadas. Os maiores valores de PST ocorrem em T5 nas duas profundidades estudadas, devido ao maior incremento de  $\text{Na}^+$ .

Em condições experimentais diferentes, Garcia et al. (2012) verificaram em estudos realizados com solo cultivando Tifton 85 e Capim Marandu que, em curto período, a aplicação de água residuária doméstica tratada em relação à adubação mineral, aumentou consideravelmente os valores de PST do solo.

Somente o PST de T1 (9,73%) na camada de 0,2 a 0,4 m permaneceu abaixo do limite de 15%, considerado indicador de sodicidade do solo (Richards, 1997), não tendo atingido alto nível de sodificação. No entanto, este limite foi ultrapassado nas demais profundidades e tratamentos, indicado que nestas condições o solo é classificado como sódico.

Estes resultados diferem dos encontrados por Silva et al. (2010), que em condições experimentais diferentes, obtiveram valor máximo de PST de 13,17% na camada de 0,6 a 0,7 m de um Cambissolo irrigado com a maior dose de percolado de resíduo sólido urbano dentre os tratamentos ensaiados, durante um período de oito meses.

Estão apresentadas, na Figura 2, as equações ajustadas e as curvas de concentração de sódio trocável ( $\text{Na}^+$ ) e percentual de sódio trocável (PST) do solo como função do tempo de aplicação de percolado de aterro sanitário para cada dose de percolado de aterro sanitário mais água de abastecimento. Em todas as profundidades avaliadas no solo (0,0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m), houve efeito, tanto do tempo de aplicação do percolado de aterro sanitário como dos tratamentos na concentração de  $\text{Na}^+$  e PST no solo.

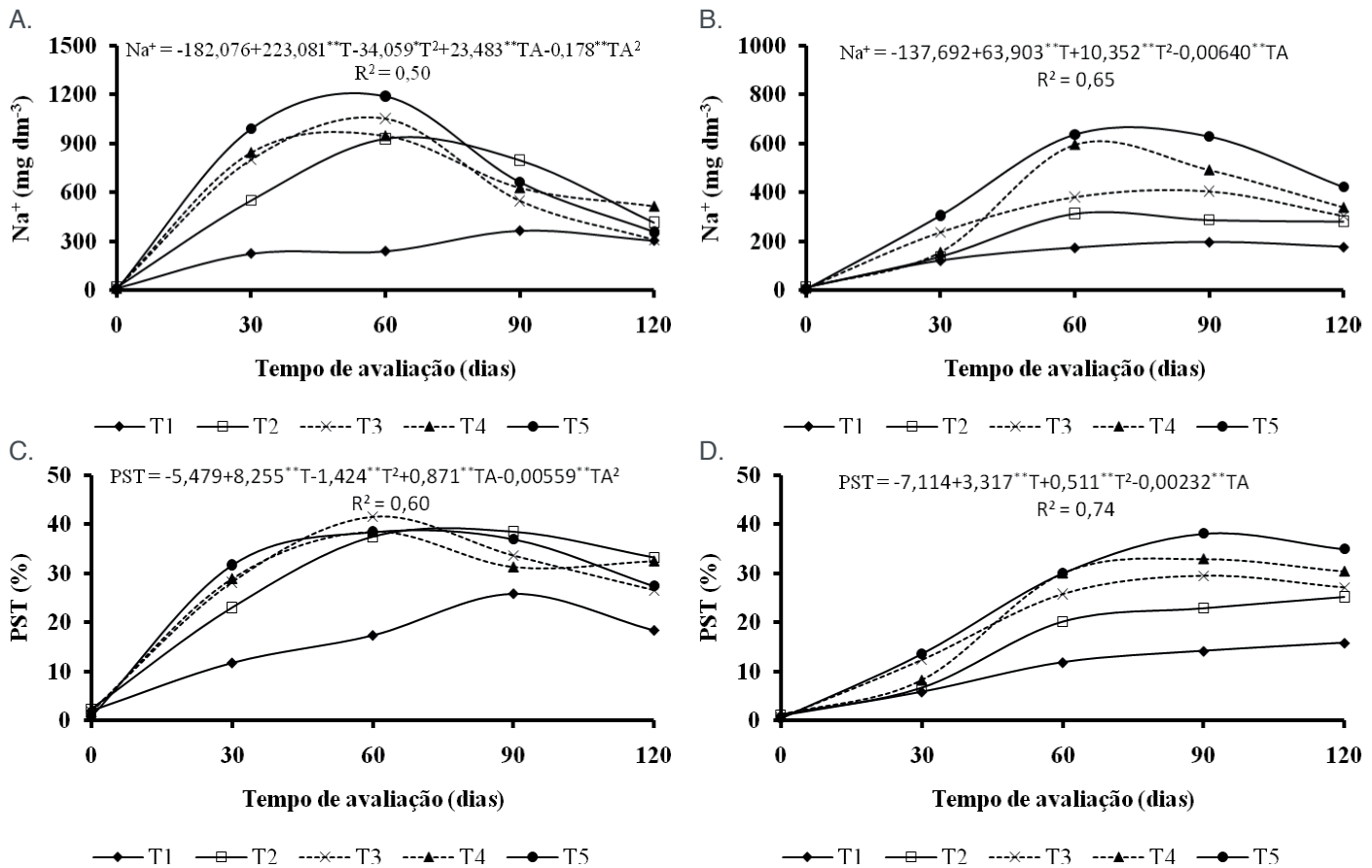
Notou-se, nas Figuras 2A e 2B, que as equações ajustadas para todas as duas camadas do solo apresentaram efeito quadrático, tanto das doses de percolado de aterro sanitário mais água de abastecimento quanto do tempo de avaliação, sobre os teores de  $\text{Na}^+$  no solo.

Estes resultados não corroboram, com os apresentados por Silva et al. (2010), que em condições experimentais diferentes, obtiveram efeito linear das doses de percolado de resíduo sólido e do tempo de avaliação sobre a concentração do  $\text{Na}^+$  nas camadas de 0,0 a 0,1 m; 0,1 a 0,2 m; 0,2 a 0,3 m; 0,3 a 0,4 m e 0,6 a 0,7 m do perfil de um Cambissolo.

Evidenciou-se, na Figura 2C, que a equação ajustada para a camada superficial do solo (0,0 a 0,2 m) apresentou efeito quadrático, tanto das doses de percolado de aterro sanitário mais água de abastecimento quanto do tempo de avaliação, sobre os valores de PST do solo. Enquanto, para a camada mais profunda (0,2 a 0,4 m) houve efeito quadrático do das doses de percolado de aterro sanitário mais água de abastecimento e linear do tempo de avaliação, sobre os valores de PST do solo.

Estes resultados diferem dos obtidos por Erthal et al. (2010), que em condições experimentais diferentes, encontraram relações lineares das doses de água residuária da bovinocultura e quadráticas do tempo de avaliação, sobre os valores de PST das

camadas de 0,0 a 0,1 m e de 0,1 a 0,25 m do perfil de um Argissolo Vermelho Escuro Eutrófico Tb.



\*\* e \* significativos a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; T = doses de percolado de aterro sanitário mais água de abastecimento; TA = tempo de avaliação.

Figura 2. Estimativa da concentração de sódio trocável ( $Na^+$ ) e percentual de sódio trocável (PST) nas camadas de 0,0 a 0,2 m (A, C) e 0,2 a 0,4 m (B, D) do solo, durante o tempo de avaliação, referente às doses do percolado de aterro sanitário mais água de abastecimento.

No trabalho conduzido por Medeiros et al. (2005) constatou-se que a aplicação de água residuária doméstica tratada por 270 dias, acarretou o incremento de  $Na^+$  e do PST nas camadas de 0,0 a 0,2 m, 0,2 a 0,4 m e 0,4 a 0,6 m de um Cambissolo Háplico Tb distrófico latossólico, porém os níveis de sodificação foram inferiores ao limite de 15% de PST estabelecido por Richards (1997).

Apesar dos elevados valores de  $Na^+$  e PST encontrados, principalmente na camada superficial do solo (0,0 a 0,2 m) a aplicação das doses de percolado de aterro sanitário não alteraram significativamente a produtividade do capim elefante. No entanto, medidas de controle da sodificação devem ser adotadas como a aplicação de gesso agrícola, que se destaca pela maior percolação e solubilidade no solo, propicia menor grau de dispersão das argilas e maior estabilidade de agregados dos solos, porém a aplicação excessiva do gesso acarreta perda de colóides mineral e, ou orgânico (Vasconcelos et al., 2013).

## 4 | CONCLUSÕES

A aplicação do percolado de aterro sanitário proporcionou significativa alteração nos valores de  $\text{Na}^+$  e de PST do solo, tendo ocorrido acúmulo de  $\text{Na}^+$  principalmente na camada superficial (0,0 a 0,2 m).

O percolado de aterro sanitário possui elevado potencial de sodificação do solo, indicando a necessidade de uso de gesso agrícola.

## REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v.22, p. 711-728, 2013.
- Birk, O.; Magnussen, M. J.; Piligkos, S.; Weihe, H.; Holten, A.; Bendix, J. **Alkali metal cation complexation and solvent interactions by robust chromium (III) fluoride complexes**. Journal of Fluorine Chemistry. n. 131, p. 898-906, 2010.
- Castilhos Junior, A. B.; Dalsasso, R. L.; Rohers, F. **Pré-tratamento de lixiviados de aterros sanitários por filtração direta ascendente e coluna de carvão ativado**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.15, p. 385-392, 2010.
- Castro, A. P.; Yamashita, F.; Silva, S. M. C. P. **Adição de polieletrólito ao processo de floculação no pós-tratamento de lixiviado por coagulação-floculação-sedimentação**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.17, p. 25-32, 2012.
- Coelho, D. C. L.; Batista, R. O.; Oliveira, A. F. M.; Silva, K. B. **Alterações químicas de Argissolo irrigado com percolado de aterro sanitário e água de abastecimento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, p.598-604, 2015a.
- Coelho, D. C. L.; Batista, R. O.; Silva, P. C. M.; Mesquita, F. O. **Produção de capim elefante utilizando percolado de aterro sanitário**. Bioscience Journal, v.31, p.830-840, 2015b.
- Donagema, G. K.; Campos, D. V. B.; Calderano, S. B.; Teixeira, W. G.; Viana, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.
- Erthal, V. J. T.; Ferreira, P. A.; Matos, A. T.; Pereira, O. G. **Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p. 467-477, 2010.
- Garcia, G. O.; Rigo, M. M.; Cecílio, R. A.; Reis, E. F.; Bauer, M. O.; Rangel, O. J. P. **Propriedades químicas de um solo cultivado com duas forrageiras fertirrigadas com esgoto doméstico tratado**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.7, p. 737-742, 2012.
- Matos, A. T.; Silva, D. F.; Lo Monaco, P. A. V.; Pereira, O. G. **Produtividade e composição química do capim-Tifton 85 submetido a diferentes taxas de aplicação do percolado de resíduo sólido urbano**. Engenharia Agrícola, v.33, p.188-200, 2013.
- Medeiros, S. S.; Soares, A. A.; Ferreira, P. A.; Neves, J. C. L.; Matos, A. T.; Souza, J. A. A. **Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.603-612, 2005.

Mesquita, F. O.; Silva, K. B.; Di Souza, L.; Dantas, T. B.; Batista, R. O. **Uniformidade de aplicação de percolado de aterro sanitário diluído em unidades de irrigação por gotejamento.** Agropecuária Científica no Semiárido, v. 11, p. 145-156, 2015.

Moreira, C. A.; Braga, A. C. O.; Hansen, M. A. F. **Estimativa do tempo de produção de chorume em aterro controlado por meio de medidas de resistividade elétrica.** Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 41, p. 549-557, 2011.

Oliveira, J. J.; Chaves, L. H. G.; Queiroz, J. E.; LUNA, J. G. **Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 783-789, 1999.

Richards, L. A. **Diagnóstico y rehabilitacion de suelos salinos e sódico.** México: Editorial Limusa, 1997. 172p.

Silva, D. F.; Matos, A. T.; Pereira, O. G.; Cecon, P. R.; Moreira, D. A. **Disponibilidade de sódio em solo com capim tifton e aplicação de percolado de resíduo sólido.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.1094-1100, 2010.

Silva, D. F.; Matos, A. T.; Pereira, O. G.; Cecon, P. R.; Batista, R. O.; Moreira, D. A. **Alteração química de solo cultivado com capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e fertirrigado com percolado de resíduo sólido urbano.** Acta Scientiarum. Technology. v.33, p.243-251, 2011.

Smith, A. P.; Chen, D.; Chalk, P. M. **N<sub>2</sub> fixation by faba bean (*Vicia faba* L.) in a gypsum-amended sodic soil.** *Biology and Fertility of Soils*, v.45, p.329-333, 2009.

Vasconcelos, R. R. A.; Barros, M. F. C.; Silva, E. F. F.; Graciano, E. S. A.; Fontenele, A. J. P. B.; Silva, N. M. L. **Características físicas de solos salino-sódicos do semiárido pernambucano em função de diferentes níveis de gesso.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.1318-1325, 2013.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Análise 1, 6, 7, 8, 12, 14, 21, 22, 23, 35, 36, 44, 50, 57, 59, 66, 67, 68, 72, 76, 90, 91, 95, 104, 105, 107, 108, 109, 113, 117, 119, 120, 121, 124, 125, 126, 132, 135, 137, 139, 147, 154, 162, 169, 170, 171, 172, 173, 178, 181, 188, 189, 197, 198, 226, 231, 232, 238, 244, 245, 247, 248, 260, 263, 272, 274, 284, 290, 291, 293, 296, 302, 306, 307, 309

Análise de risco 108, 109, 117, 120

### B

Berço ao berço 51, 58, 61

### C

Concentrações ambientais 143

Construção Civil 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 130, 297, 302, 315

Contaminação ambiental 108, 120, 121

Cultura da inovação 15, 16, 17

### D

Desreguladores endócrinos 108, 109, 119, 120, 125, 143, 144, 153, 155, 156, 157, 160

Distribuição de Weibull 43

### E

Ecologia industrial 51, 54, 60, 61, 62

Educação ambiental 1, 2, 4, 5, 8, 9, 12, 13, 14, 83, 84, 201

Engenharia de confiabilidade 43, 45

Erosão 132, 133, 134, 136, 137, 140, 141, 142, 254, 263, 264, 268, 271

Escritório de projetos 15, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24

### F

Fatores antrópicos 132

Fitoextração 128, 130

Funil de inovação 15, 20

### G

Gerenciamento 4, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 29, 51, 58, 64, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 77, 82, 84, 85, 97, 98, 99, 106, 127, 182, 183, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 201, 202, 265, 270, 297, 298, 302

Gerenciamento de projetos 15, 18, 20, 21

Gerenciamento de resíduos sólidos 51, 58, 82, 85, 193, 201, 298  
Gestão 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 25, 26, 27, 42, 43, 45, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 62, 69, 74, 76, 77, 80, 82, 84, 85, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 107, 141, 143, 167, 168, 184, 191, 192, 193, 194, 195, 201, 202, 218, 296, 297, 298, 300, 301, 302, 314, 315  
Gestão ambiental 1, 2, 3, 4, 10, 12, 14, 53, 54, 55, 57, 85, 97, 141, 194, 195, 201, 202, 296, 302, 315  
Gestão da manutenção 43

## H

Historiador 25, 26, 28, 29, 30, 42  
Hormônios 114, 115, 116, 119, 125, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 164

## I

Impacto ambiental 1, 3, 59, 229, 235, 272, 273, 281, 283, 284, 286  
Impactos 2, 3, 10, 12, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 77, 97, 98, 99, 106, 190, 191, 192, 194, 201, 218, 266, 267, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 297, 298  
Inovação 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 168, 169, 180, 181, 186, 188, 189, 220, 315

## L

Lixiviado 87, 95, 225, 242  
Lixo 9, 62, 75, 76, 112, 113, 123, 278, 300, 301

## M

Metais pesados 123, 128, 129, 130, 131, 231, 240  
Microcontaminantes 143, 149

## O

Osisoft 25, 26, 42

## P

PIMS 25, 26, 27, 29, 30, 31  
PI System 25, 26, 27, 28, 29, 30, 42  
Plantas hiper- acumuladoras 128, 130, 131  
Processo comercial 180

## Q

QGIS 132, 133, 135, 137



## R

Reciclagem 3, 4, 8, 9, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 76, 77, 80, 83, 84, 85, 193, 199, 219, 229, 298, 299, 300, 301, 302

Resíduos de serviços de saúde 64, 65, 66, 73, 113

Resíduo sólido urbano 87, 92, 93, 95, 96

Resíduos sólidos urbanos 2, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 87, 97, 98, 106, 107, 192, 194, 202, 216, 217, 225, 226, 227, 297, 313

Responsabilidade estendida do produtor 51, 56, 59

## S

SABESP 25, 29, 31, 42, 46, 108

Saneamento básico 29, 97, 98, 99, 101, 105, 106, 107, 108, 158, 215, 226, 251, 304

Sanepar 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189

Saúde pública 66, 82, 106, 108, 120, 121, 122, 124, 125, 191, 251

Segregação 64, 65, 67, 70, 71, 72, 73, 195, 196, 197, 200, 222, 223

Sensoriamento remoto 132, 135

SNIS 97, 100, 101, 102, 104, 105, 107, 150, 304, 314

Sodificação 87, 93, 94, 95

Solo 51, 54, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 108, 112, 113, 121, 123, 124, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 152, 235, 236, 238, 240, 241, 256, 257, 258, 259, 261, 267, 268, 277, 279, 296

## T

Transformação digital 25

## U

Uso agrícola 87, 306

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-693-5



9 788572 476935