



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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
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>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
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

CAPÍTULO 1	1
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	
DOI 10.22533/at.ed.9351909101	
CAPÍTULO 2	15
ESCRITÓRIO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO	
Silvio Rocha da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9351909102	
CAPÍTULO 3	25
A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA SABESP	
Diogo Ávila de Castro Wagner Preda de Queiroz Rérison Otoni Araujo José Luis Januário	
DOI 10.22533/at.ed.9351909103	
CAPÍTULO 4	43
XII-015 - APLICAÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA DETERMINAR CONFIABILIDADE DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ELÉTRICA	
Floriano do Ó do Nascimento Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.9351909104	
CAPÍTULO 5	51
DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL PARA A RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTRATÉGIAS E INSTRUMENTOS	
Tainá Ângela Vedovello Bimbati Emília Wanda Rutkowski	
DOI 10.22533/at.ed.9351909105	
CAPÍTULO 6	64
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	
DOI 10.22533/at.ed.9351909106	

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

CAPÍTULO 12	132
GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE E VULNERABILIDADE EM BOÇOROCA URBANA-RURAL	
Fabrícia Vieira	
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.93519091012	
CAPÍTULO 13	143
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	
DOI 10.22533/at.ed.93519091013	
CAPÍTULO 14	167
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	
DOI 10.22533/at.ed.93519091014	
CAPÍTULO 15	180
INOVAÇÃO DE PROCESSO – UM ESTUDO DE CASO SOBRE A EFICIÊNCIA COMERCIAL	
Vanderléia Loff Lavall	
Cesar Augusto Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.93519091015	
CAPÍTULO 16	190
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	
DOI 10.22533/at.ed.93519091016	
CAPÍTULO 17	203
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	
DOI 10.22533/at.ed.93519091017	

CAPÍTULO 18 216

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

DOI 10.22533/at.ed.93519091018

CAPÍTULO 19 228

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE

Ivan Cesar Tremarin
Dionei Minuzzi Dalevati
Ênio Leandro Machado
Odorico Konrad
Camila Hasan

DOI 10.22533/at.ed.93519091019

CAPÍTULO 20 241

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

DOI 10.22533/at.ed.93519091020

CAPÍTULO 21 251

RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL: ORIENTAÇÕES, DIRETRIZES E CRITÉRIOS

Neyton Hideki Tadeu Araki
Maria Fernanda Sala Minucci

DOI 10.22533/at.ed.93519091021

CAPÍTULO 22 263

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

DOI 10.22533/at.ed.93519091022

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

SOBRE O ORGANIZADOR.....	315
ÍNDICE REMISSIVO	316

REMOÇÃO DE AMÔNIA POR ADSORÇÃO COM ARGILA BENTONITA

Juliana Dotto

Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Química – UNIOESTE
Toledo-PR

Aline Roberta de Pauli

Curso de graduação/pós-graduação em
Engenharia Química – UNIOESTE
Toledo-PR

Isabella Cristina Dall’ Oglio

Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Química – UNIOESTE
Toledo-PR

Fernando Rodolfo Espinoza-Quiñones

Curso de graduação/pós-graduação em
Engenharia Química – UNIOESTE
Toledo-PR

Helton José Alves

UFPR – Setor Palotina
Palotina-PR

de aterro sanitário. Assim, caracterizou-se a argila bentonita por Microscopia Eletrônica de varredura, Fisissorção de Nitrogênio, Difração de raios-X e basicidade. O tratamento da solução sintética seguiu um Planejamento Experimental em dois níveis mais ponto central, avaliando-se as variáveis massa de adsorvente, velocidade de agitação e pH e a resposta quantidade de amônia adsorvida. Os resultados mostraram que a variável massa de adsorvente é significativa no processo adsortivo, sendo a massa de adsorvente e a quantidade de amônia adsorvida inversamente proporcionais. O ponto de máxima remoção atingiu uma quantidade de amônia adsorvida de 18,10 mg g^{-1}_{ads} , correspondente a uma redução de 73,27 % deste contaminante.

PALAVRAS-CHAVE: Remoção de Amônia, Argila Bentonita, Adsorção, Planejamento Experimental, Efluente Sintético.

REMOVAL OF AMMONIA BY ADSORPTION WITH BENTONITE CLAY

ABSTRACT: Ammonia, a contaminant present in landfill leachate, causes toxicity increase of liquid effluents and consequent soil contamination when they are deposited. Thus, the removal of the same becomes of interest when in view of the environmental appeal. For this purpose,

RESUMO: A amônia, contaminante presente em lixiviados de aterros sanitários, causa aumento da toxicidade de efluentes líquidos e consequente contaminação do solo quando da deposição destes. Desta forma, a remoção da mesma se torna de interesse quando em vista o apelo ambiental. Para tanto, se propôs um estudo que utilizou a adsorção com argila bentonita para remoção de amônia de efluente sintético com quantidade similar à presente em lixiviados

a study was proposed that used the adsorption with bentonite clay for removal of ammonia from synthetic effluent with a quantity similar to the present in landfill leachate. Thus, bentonite clay was characterized by Scanning Electron Microscopy, Nitrogen Physisorption, X-ray Diffraction and basicity. The treatment of the synthetic solution followed an Experimental design in two levels with center point, evaluating the variables that are adsorbent mass, agitation velocity and pH and the response amount of ammonia adsorbed. The results showed that adsorbent mass is a significant variable in the adsorptive process, with the adsorbent mass and the amount of ammonia adsorbed inversely proportional. In the maximum removal point was obtained an amount of adsorbed ammonia of $18,10 \text{ mg g}^{-1}_{\text{ads}}$, corresponding to a reduction of 73.27% of this contaminant.

KEYWORDS: Ammonia removal, bentonite clay, adsorption, experimental design, synthetic effluent.

1 | INTRODUÇÃO

Entre as diversas formas de tratamento de lixiviados de aterro sanitário, a adsorção se caracteriza como uma operação unitária de contato entre sólido e fluido, ocorrendo a transferência de massa da fase fluida para a fase sólida (CAVALLARI, 2012).

Argilas podem ser consideradas promissoras matérias primas para aplicação na remoção de amônia de lixiviados, devido à sua versatilidade e baixo custo. São materiais naturais resultantes da mistura de diversos minerais, argilosos ou não, além de matéria orgânica e outras impurezas. A estrutura, mineralogia e química da superfície das argilas são as responsáveis pelo seu importante papel na área ambiental, e sua utilidade em aplicações ambientais e industriais. A maioria dos argilominerais é composto principalmente por camadas contendo folhas de sílica e alumina, que pertencem à classe dos silicatos de camada ou grupo dos filossilicatos (GARDOLINSKI *et al.*, 2003).

Dentre as mais utilizadas em questões ambientais, a argila bentonita é composta principalmente por montmorilonita, sendo que ambas pertencem ao grupo dos filossilicatos 2:1, cujas placas são caracterizadas por estruturas constituídas por duas folhas tetraédricas de sílica com uma folha central octaédrica de alumina unidas por átomos de oxigênio comuns a ambas as folhas (PAIVA *et al.*, 2008). A bentonita é matéria prima abundante, de baixo custo e viável para processos industriais como tratamento de efluentes por adsorção.

2 | OBJETIVO

O objetivo deste estudo é a remoção da amônia de solução sintética que busca simular a quantidade deste contaminante em lixiviado de aterro sanitário, utilizando

como forma de tratamento a adsorção com argila bentonita, tendo como motivação a remoção pela alta toxicidade que a amônia confere a este efluente líquido.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A argila bentonita utilizada nos estudos foi cedida pelo Centro de Revestimentos Cerâmicos (São Carlos/SP), sendo moída e classificada granulometricamente em peneira de 45 μm e acondicionada em frasco plástico em local protegido de umidade. A mesma foi caracterizada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Fisissorção de Nitrogênio, Difração de raios X (DRX) e avaliação de Basicidade com indicadores de Hammett.

A solução sintética de amônia de 1000 mg L⁻¹ foi preparada dissolvendo-se o pó de cloreto de amônio (Anidrol®) em água Milli-Q. A quantificação da concentração final da solução sintética foi determinada pelo método do Fenato.

A solução sintética preparada passou por tratamento por adsorção em shaker Tecnal TE-421, utilizando como adsorvente a argila bentonita caracterizada. Para realização destes experimentos, propôs-se a utilização de um Planejamento Experimental em dois níveis mais ponto central, avaliando-se as variáveis independentes massa de adsorvente, velocidade de agitação e pH sobre o processo de adsorção. O pH da solução sintética foi ajustado com a adição de soluções ácidas ou básicas. A metodologia de superfície de resposta foi usada para obtenção de um modelo matemático empírico que representasse a influência das variáveis independentes no processo de adsorção. As condições experimentais utilizadas foram: 30 mL de volume de solução sintética de amônia, adsorvente com diâmetro 45 μm , temperatura de 30°C e tempo de adsorção de 24 horas. Após a adsorção, as amostras foram centrifugadas para separação da solução tratada e do adsorvente, sendo a concentração final determinada pelo método Fenato. As variáveis independentes assumiram os valores apresentados na Tabela 1, sendo os experimentos realizados em quadruplicata e octuplicata no ponto central.

Massa de adsorvente (g)	1,5	2,25	3
Velocidade de agitação (rpm)	50	100	150
pH	4	6	8

Tabela 1: Variáveis codificadas e reais para planejamento experimental.

A quantidade de amônia removida pelo adsorvente foi calculada pela Equação (1).

$$q = \frac{V_{\text{solução}} \cdot (C_i - C_f)}{m_{\text{ads}}}$$

Equação (1)

Onde q é quantidade de amônia adsorvida pelo adsorvente, em $\text{mg}_{\text{amônia}} \text{g}^{-1}_{\text{ads}}$; $V_{\text{solução}}$ é o volume de solução sintética de amônia em contato com o adsorvente, em L; C_i é a concentração inicial da solução sintética de amônia, em mg L^{-1} ; C_f é a concentração da solução sintética de amônia após tratamento, em mg L^{-1} e m_{ads} é a massa do adsorvente em base seca, em g.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Numa primeira etapa, caracterizou-se o adsorvente argila bentonita. A análise da basicidade com indicadores de Hammett permitiu a confirmação da presença de sítios básicos na argila bentonita. Os resultados, apresentados na Tabela 2, mostram que, para valores maiores de pK_{BH} , tais como os dos indicadores azul de timol, fenolftaleína, 4-nitroanilina e 2,4-dinitroanilina, não foram detectados sítios básicos para a argila bentonita, o que permite concluir que a mesma não possui sítios ativos básicos com força muito elevada.

pK_{BH}	Sítios básicos (mmol g^{-1})
3,3 (Amarelo dimetil)	0,1194
6,8 (Vermelho neutro)	0,0587
8,8 (Azul de timol)	-
9,8 (Fenolftaleína)	-
15 (2,4-Dinitroanilina)	-
18,4 (4-nitroanilina)	-
Total	0,1781

Tabela 2 – Quantidade de sítios básicos para cada faixa de pK_{BH} para a argila bentonita

Os resultados de Fisissorção de Nitrogênio, apresentados na Tabela 3, mostram que a argila bentonita possui consideráveis área superficial e volume do poro, o que mostra seu potencial como adsorvente. Já o diâmetro do poro indica mesoporos (diâmetro entre 20 Å e 500 Å) (TEIXEIRA *et al.*, 2001).

Área superficial ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)	Volume do poro ($\text{c}^3 \text{g}^{-1}$)	Diâmetro do poro (Å)
46,008	0,113	36,74

Tabela 3 – Área superficial, volume do poro e diâmetro do poro para a argila bentonita.

A técnica de DRX foi utilizada para a determinação qualitativa das fases cristalinas presentes na argila bentonita. A Figura 1 apresenta os resultados obtidos, evidenciando as fases cristalinas Montmorilonita (M: $\text{Na-Mg-Al-Si}_4\text{O}_{11}$) a $7,2^\circ$, $18,5^\circ$, 20° , 28° e 35° , Quartzo (Q: SiO_2) a 21° e 27° e Albita (A: $\text{Na(AlSi}_3\text{O}_8)$) a 22° , $29,5^\circ$ e

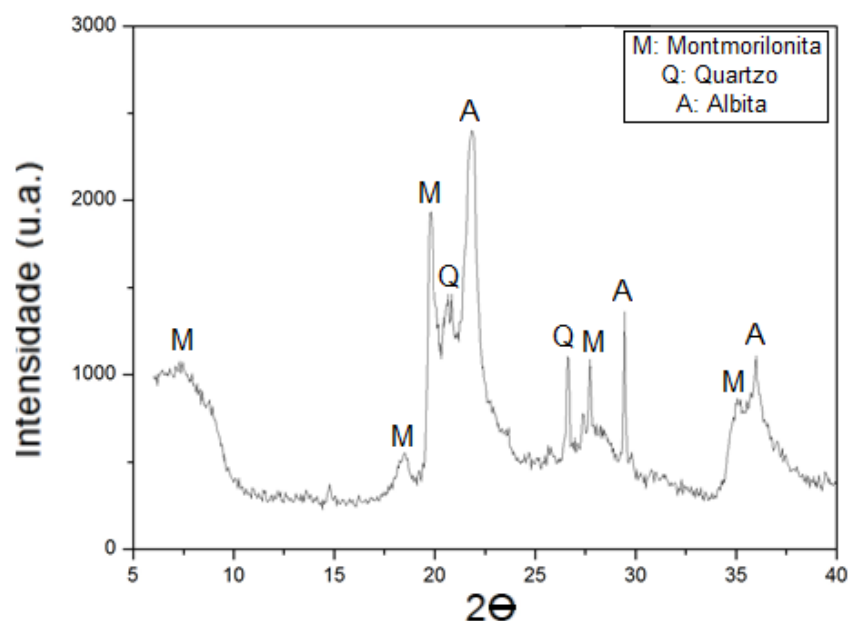


Figura 1 – Difração de raios X para a amostra de argila bentonita.

O primeiro plano difrator da Montmorilonita, em $2\Theta = 7,2^\circ$, corresponde ao espaçamento basal da bentonita, isto é, $d_{001} = 12,3 \text{ \AA}$, determinado a partir da Lei de Bragg. Espaçamentos basais de aproximadamente $12,5 \text{ \AA}$ configuram que o cátion intercalar da argila é o Na^+ (SILVA *et al.*, 2002). A largura do espaçamento basal d_{001} indica a pureza da amostra. Quanto mais puro o material, mais estreito o pico (ADAMCZEVSKI, 2016), o que indica um certo grau de impureza na amostra de bentonita. Além disto, a maioria dos picos observados na Figura 1 são mais largos e menos intensos, demonstrando um material mais amorfo que cristalino.

Realizou-se a análise por microscopia eletrônica de varredura para observação das características superficiais da amostra analisada. O resultado obtido está apresentado na Figura 2, onde se observou a presença de folhas com formatos de rosetas, usuais em argilas do tipo esmectita.

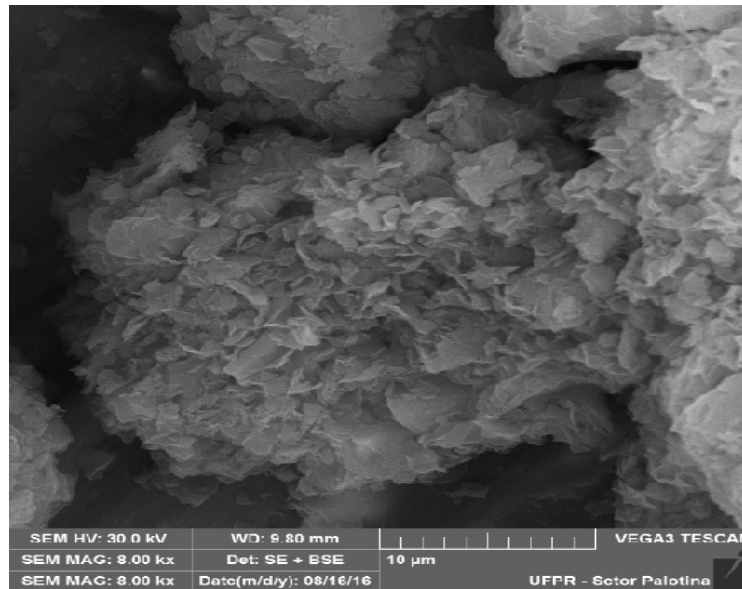


Figura 2 – Microscopia Eletrônica de varredura para a amostra de argila bentonita.

Após a caracterização do adsorvente, procedeu-se o tratamento do efluente sintético de amônia utilizando um planejamento completo em dois níveis mais ponto central para as variáveis massa de adsorvente, velocidade de agitação e pH. A Tabela 4 apresenta os valores reais das variáveis e a quantidade de amônia removida.

Variáveis			Resposta
Massa de adsorvente (g)	pH	Velocidade de agitação (rpm)	q (mg g ⁻¹)
1,5	4	50	15,70
1,5	4	50	14,38
1,5	4	50	16,14
1,5	4	50	15,84
3	4	50	9,45
3	4	50	9,96
3	4	50	9,47
3	4	50	8,58
1,5	8	50	18,16
1,5	8	50	19,84
1,5	8	50	18,99
1,5	8	50	15,40
3	8	50	9,60
3	8	50	9,02
3	8	50	10,06
3	8	50	9,76
1,5	4	150	14,33
1,5	4	150	13,73
1,5	4	150	21,13
1,5	4	150	20,90
3	4	150	8,77
3	4	150	8,81
3	4	150	9,35
3	4	150	9,27

1,5	8	150	16,88
1,5	8	150	17,27
1,5	8	150	13,64
1,5	8	150	13,34
3	8	150	9,93
3	8	150	10,08
3	8	150	8,67
3	8	150	8,43
2,25	6	100	10,47
2,25	6	100	11,09
2,25	6	100	14,87
2,25	6	100	15,05
2,25	6	100	10,90
2,25	6	100	10,95
2,25	6	100	12,05
2,25	6	100	12,00

Tabela 4 – Matriz do planejamento em dois níveis e ponto central em seus valores reais.

Para confirmação estatística da influência das variáveis massa de adsorvente, pH e velocidade de agitação no processo de adsorção da amônia com a argila bentonita utilizou-se do Gráfico de Pareto, obtido através do software Statistica 8.0 com nível de confiança de 95% e apresentado na Figura 3. Com o mesmo, observa-se que a dependência funcional da remoção da amônia pela argila bentonita é linear com relação às variáveis analisadas, pois somente a massa de adsorvente (L) é significativa na adsorção, sendo que o valor negativo indica que o aumento desta variável provoca a diminuição da quantidade de amônia removida.

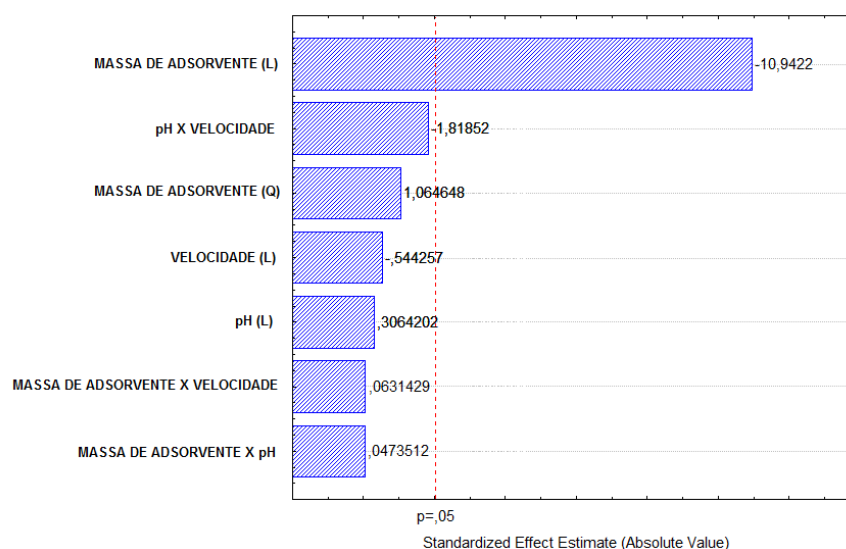


Figura 3 - Gráfico de Pareto para avaliação das variáveis massa de adsorvente, pH e velocidade de agitação na adsorção de amônia pela argila bentonita.

Para a validação estatística do modelo matemático que representa a remoção de amônia, realizou-se a Análise de Variância (ANOVA) da equação do modelo

ajustado aos dados. A Tabela 5 apresenta este estudo.

Causas de variação	Soma quadrática (SQ)	Graus de liberdade (GL)	Quadrado médio	F_{trat}	F_{tab}	$\frac{F_{\text{trat}}}{F_{\text{tab}}}$
Regressão	440,96	7	62,99	17,79	2,31	7,69
Resíduos	113,27	32	3,54			
Total	554,24	39	-			

Tabela 5 – Análise de variância ANOVA para efeito da massa de adsorvente, pH e velocidade de agitação na adsorção da amônia com bentonita com 95% de confiança.

O valor de $F_{\text{tratamento}}$ (17,79) maior que o de F_{tabelado} (2,31) indica que, no intervalo de confiança de 95%, o modelo gerado (Equação (2)) representa o processo de adsorção da amônia pela argila bentonita. Valores de $F_{\text{tratamento}}/F_{\text{tabelado}}$ superiores a 10 indicam que o modelo é fortemente válido. O valor obtido, de 7,69, mostra que o modelo matemático ajustado (Equação (2)) é bastante preditivo para a remoção de amônia com as variáveis analisadas.

$$q = 26,9121 - 11,3059.m$$

Equação (2)

Onde q é a quantidade de amônia removida em $mg\ g^{-1}_{ads}$ e m é a massa de adsorvente em g.

Utilizando-se o software Statistica 8.0 obteve-se também as superfícies de resposta, apresentadas na Figura 4, que permitem a definição das condições que maximizam a remoção da amônia.

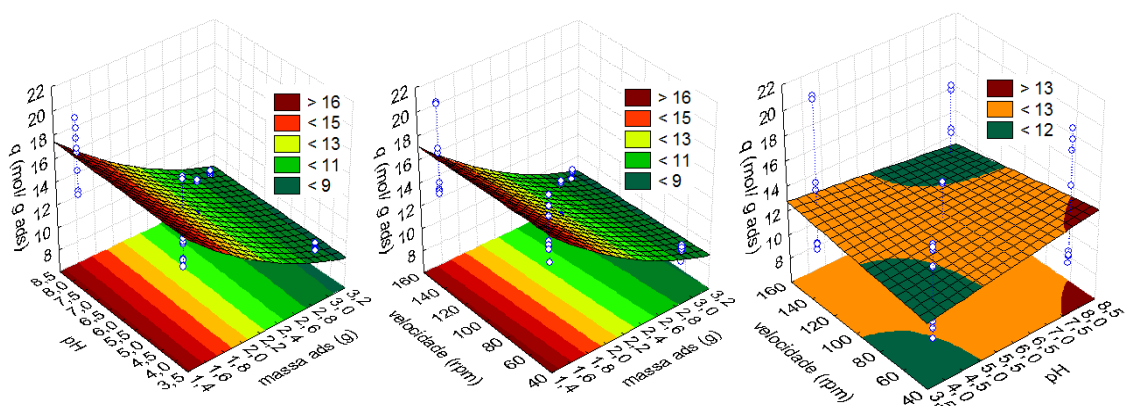


Figura 4 - Superfícies de resposta para a remoção de amônia com argila bentonita.

Nas mesmas é possível perceber que os mais altos índices de remoção ocorrem nos menores valores de massa de adsorvente analisados. O ponto de máxima eficiência (1,5 g, pH 8 e 50 rpm), observado a partir das superfícies de resposta, atingiu uma quantidade de amônia removida de $18,10\ mg\ g^{-1}_{ads}$, reduzindo

a concentração na solução mãe de 1244,3 mg L⁻¹ para 332,6 mg L⁻¹ na solução tratada, o que corresponde a 73,3 % de remoção de amônia.

Na Figura 5 é apresentado o gráfico dos valores previstos versus valores observados experimentalmente.

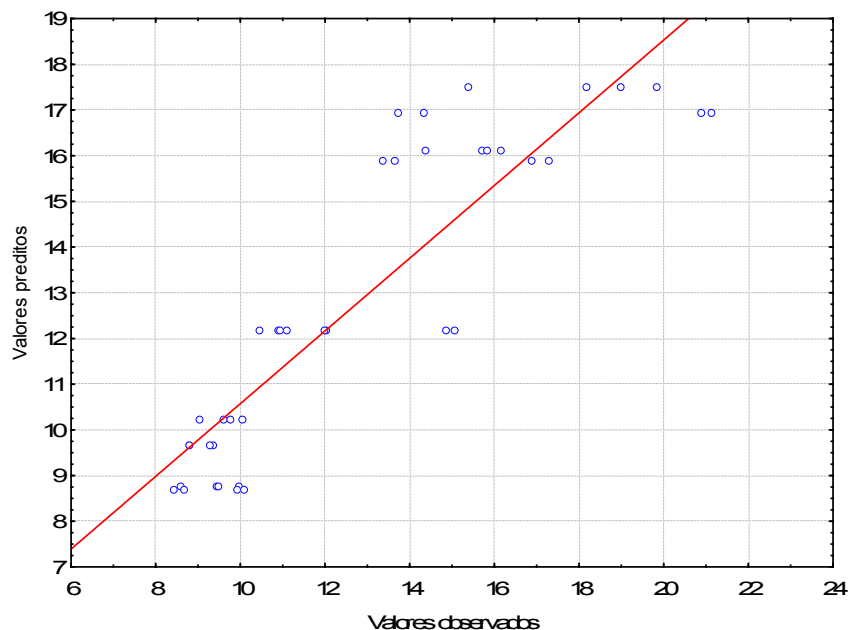


Figura 5 – Valores preditos versus valores observados para a remoção de amônia.

O gráfico indica que os resíduos se distribuem de forma aleatória e não se verifica a presença de *outlier*. Os pontos estão próximos da reta (equação do modelo), mostrando a eficácia do mesmo.

5 | CONCLUSÕES

A argila bentonita se mostrou eficiente na remoção de amônia de efluente sintético que buscou simular a quantidade deste contaminante presente em lixiviados de aterros sanitários. A variável independente massa de adsorvente se mostrou significativa neste processo, sendo que os melhores resultados foram obtidos na menor massa de adsorvente estudada. O modelo matemático ajustado para representar a quantidade de amônia adsorvida pela argila bentonita em função da massa de adsorvente, pH e velocidade de agitação se mostrou representativo deste processo. O presente estudo mostra o potencial da argila bentonita, matéria prima abundante e de baixo custo, para aplicação como adsorvente em processos industriais

REFERÊNCIAS

ADAMCZEWSKI, A.G. **Modificação química de argilas bentoníticas visando seu uso como**

catalisadores heterogêneos na produção de biodiesel. Dissertação de mestrado–Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada-Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2016.

CAVALLARI, P.I. **Avaliação dos processos de purificação do biodiesel por via seca.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GARDOLINSKI, J.E., FILHO, H.P.M.F., WYPYCH, F. **Comportamento térmico da caulinita hidratada.** *Química Nova*, v.26, n.1, p. 30-35, 2003.

PAIVA, L.B., MORALES, A.R., DÍAZ, F.R.V. **Organoclays: Properties, preparation and applications.** *Applied Clay Science*, v.42, p.8-24, 2008.

SILVA, F.C., FERREIRA, V.F., RIANELLI, R.S., PEREIRA, W.C. **Natural clays as efficient catalyst for transesterification of β -keto esters with carbohydrate derivatives.** *Tetrahedron Letters*, v.43, n.7, p.1165-1168, 2002.

TEIXEIRA, V.G., COUTINHO, F.M.B., GOMES, A.S. **The most important methods for the characterization of porosity of styrene-divinylbenzene based resins.** *Química Nova*, v.24, n.6, p.808-818, 2001.

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