

Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 5

AMIGO DO MEIO AMBIENTE



PENSE VERDE

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 5

AMIGO DO MEIO AMBIENTE



PENSE VERDE

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

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

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – 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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a 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

Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
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 Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>Engenharia sanitária e ambiental [recurso eletrônico]: tecnologias para a sustentabilidade 5 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-157-2 DOI 10.22533/at.ed.572200107</p> <p>1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 628</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 Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 5”* aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora e apresenta, em seus 25 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da sustentabilidade aplicada às novas tecnologias na engenharia sanitária e ambiental.

No campo do saneamento básico pouco esforço tem sido feito para refletir sobre a produção do conhecimento e os paradigmas tecnológicos vigentes, embora a realidade tenha, por si, só exigido inflexões urgentes, principalmente, no que diz respeito ao uso intensivo de matéria e energia e ao caráter social de suas ações.

Um dos grandes problemas da atualidade refere-se à quantidade de resíduos sólidos descartado de forma inadequada no meio ambiente. E com o objetivo de promover a gestão dos resíduos sólidos foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal 12.305/2010, considerada um marco regulatório, que permite o avanço no enfrentamento dos problemas relacionados ao manejo inadequado dos resíduos sólidos.

Desta forma a conservação da vida na Terra depende intimamente da relação do homem com o meio ambiente, especialmente, quanto à preservação dos recursos hídricos. A água, dentre seus usos múltiplos, serve ao homem como fonte energética. Atualmente, em um contexto de conscientização ambiental, a opção por essa matriz de energia vem se destacando tanto no Brasil como no mundo.

O uso desordenado dos recursos hídricos pela população vem afetando na disponibilidade da água, a qual é indispensável para a manutenção da vida. Diante disso, buscam-se alternativas de abastecimento visando à preservação da mesma.

A utilização de recursos hídricos representa um desafio para a sociedade mundial e as águas residuárias de origem doméstica ou com características similares, podem ser reutilizadas para fins que exigem qualidade de água não potável.

Com o aumento da população e avanços científicos e tecnológicos, a cada dia a produção de resíduos cresce mais e os impactos ao meio ambiente, na mesma proporção. Com isso, os problemas relacionados à gestão destes resíduos necessitam da adoção de técnicas e tecnologias desde sua segregação à disposição final, visando à destinação adequada e a implantação de programas voltados tanto para uma redução na produção de resíduos, como também na disposição final destes.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos à sustentabilidade e suas tecnologias que contribuem ao desenvolvimento da Engenharia Sanitária e Ambiental. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista a 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 CONSOLIDAÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS COMO UMA FERRAMENTA DE CONTROLE E MITIGAÇÃO DOS EFEITOS CAUSADOS PELA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO BRASIL E NO MUNDO	
Jordana dos Anjos Xavier Valter Antonio Becegato Daniely Neckel Rosini Flávio José Simioni	
DOI 10.22533/at.ed.5722001071	
CAPÍTULO 2	15
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO NO RS	
Vitória de Lima Brombilla Bruno Segalla Pizzolatti Siara Silvestri Julia Cristina Diel Willian Fernando de Borba	
DOI 10.22533/at.ed.5722001072	
CAPÍTULO 3	24
AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE AGENTES QUÍMICOS OU DANOS AMBIENTAIS E SEUS EFEITOS A <i>LEPTODACTYLUS LATRANS</i> (LINNAEUS, 1758)	
Raquel Aparecida Mendes Lima Adriana Malvasio Melissa Barbosa Fonseca Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.5722001073	
CAPÍTULO 4	37
AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE VIABILIDADE AGRONÔMICA E IMPACTOS AMBIENTAIS EM UM SISTEMA DE AQUAPONIA NA FAZENDA SÃO JOÃO - SÃO CARLOS - SP	
Gustavo Ribeiro Artur Almeida Malheiros Maria Olímpia de Oliveira Rezende Luiz Antonio Daniel Tadeu Fabrício Malheiros Jose F. Alfaro Maria Diva Landgraf	
DOI 10.22533/at.ed.5722001074	
CAPÍTULO 5	53
CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE NO MUNICÍPIO DE LAGES/SC	
Lais Lavnitck Valter Antonio Becegato Pamela Bicalli Vilela Camila Angélica Baum Eduardo Costa Duminelli Fabiane Toniazco Alexandre Tadeu Paulino	
DOI 10.22533/at.ed.5722001075	

CAPÍTULO 6	71
CONFLITOS AMBIENTAIS E O TERMO DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA	
Laura Maria Bertoti Valter Antonio Becegato Vitor Rodolfo Becegato Alexandre Tadeu Paulino	
DOI 10.22533/at.ed.5722001076	
CAPÍTULO 7	81
ESTUDO OBSERVACIONAL DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NAS UNIDADES DE SAÚDE DA FAMÍLIA DE FEIRA DE SANTANA, BA	
Isabela Machado Sampaio Costa Soares	
DOI 10.22533/at.ed.5722001077	
CAPÍTULO 8	90
GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: CONCEITOS E PERSPECTIVAS NA LITERATURA CIENTÍFICA	
Cristina Maria Dacach Fernandez Marchi	
DOI 10.22533/at.ed.5722001078	
CAPÍTULO 9	103
GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E SUA IMPORTÂNCIA NO CONTROLE DO <i>Aedes Aegypti</i> E DE ARBOVIROSES NO BRASIL	
Luiz Roberto Santos Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.5722001079	
CAPÍTULO 10	112
IMPACTO EM RUPTURA DE BARRAGENS DECORRENTES DE ALTERAÇÕES AMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO DA BARRAGEM HEDBERG	
Paola Bernardelli de Gaspar José Rodolfo Scarati Martins	
DOI 10.22533/at.ed.57220010710	
CAPÍTULO 11	132
INOVAÇÃO EM BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS SYSTEM - BIPV: ESTUDO DE CASO DA PATENTE DA TESLA PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS INTEGRADOS AO TELHADO	
Affonso Celso Caiazzo da Silva Maria Beatriz da Costa Mattos Maria Clarisse Perisse Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega	
DOI 10.22533/at.ed.57220010711	
CAPÍTULO 12	143
MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO LAGE, CARATINGA – MG	
José Geraldo da Silva Aline Gomes Ferreira Kleber Ramon Rodrigues Erick Wendelly Fialho Cordeiro	
DOI 10.22533/at.ed.57220010712	

CAPÍTULO 13 154

O DESAFIO DA COMUNIDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO-SC SOBRE O USO DOS AGROTÓXICOS

Daniely Neckel Rosini
Valter Antonio Becegato
Alexandre Tadeu Paulino
Débora Cristina Correia Cardoso
Jordana dos Anjos Xavier

DOI 10.22533/at.ed.57220010713

CAPÍTULO 14 172

PANORAMA HIDROELÉTRICO E O LICENCIAMENTO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE CONTROLE AMBIENTAL

Laura Maria Bertoti
Valter Antonio Becegato
Vitor Rodolfo Becegato
Alexandre Tadeu Paulino

DOI 10.22533/at.ed.57220010714

CAPÍTULO 15 188

PARADIGMAS TECNOLÓGICOS DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Patrícia Campos Borja
Luiz Roberto Santos Moraes

DOI 10.22533/at.ed.57220010715

CAPÍTULO 16 201

POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELA IMPLANTAÇÃO DE USINA DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA DO MAR NO RIO GRANDE DO NORTE

Alana Rayza Vidal Jerônimo do Nascimento
Lucymara Domingos Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.57220010716

CAPÍTULO 17 211

ELECTROCOAGULATION PROCESS TO THE INDUSTRIAL EFFLUENT TREATMENT

Evellin Balbinot-Alfaro
Alexandre da Trindade Alfaro
Isabela Silveira
Débora Craveiros Vieira

DOI 10.22533/at.ed.57220010717

CAPÍTULO 18 224

PROPOSTA DE AÇÕES PARA A GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO DO PASSÉ – BAHIA

João dos Santos Santana Júnior
Lorena Gomes dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.57220010718

CAPÍTULO 19 233

QUALIDADE AMBIENTAL DOS SOLOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS DO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO-SC

Daniely Neckel Rosini
Valter Antonio Becegato
Alexandre Tadeu Paulino
Vitor Rodolfo Becegato
Jordana dos Anjos Xavier
Débora Cristina Correia Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.57220010719

CAPÍTULO 20 252

QUALIDADE DA ÁGUA EM RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO DURANTE SECA PROLONGADA: UMA DISCUSSÃO PARA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Daniele Jovem da Silva Azevêdo
José Fernandes Bezerra Neto
Magnólia de Araújo Campos Pfenning
Evaldo de Lira Azevêdo
Wilma Izabelly Ananias Gomes
Joseline Molozzi

DOI 10.22533/at.ed.57220010720

CAPÍTULO 21 264

QUALIDADE DA ÁGUA ESCOADA POR MÓDULOS DE TELHADOS VERDES COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE VEGETAÇÃO

Thaís Camila Vacari
Zoraidy Marques de Lima
Eduardo Beraldo de Moraes

DOI 10.22533/at.ed.57220010721

CAPÍTULO 22 277

REUSO DE EFLUENTE SANITÁRIO TRATADO NA MANUTENÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO

Analine Silva de Souza Gomes
Breno Barbosa Polez
Renata Araújo Guimarães
Lucas do Socorro Ribeiro Paixão
Mariana Marquesini

DOI 10.22533/at.ed.57220010722

CAPÍTULO 23 286

SOCIAL-ENVIRONMENTAL UNDERSTANDING OF THE INHABITANTS OF REVITALIZED GARBAGE DUMPS, FORTALEZA-CE, BRAZIL

Pedro Victor Moreira Cunha
Márcia Thelma Rios Donato Marino
Matheus Cordeiro Façanha
Vanessa Oliveira Liberato
Clara D'ávila Di Ciero
Ana Beatriz Sales Teixeira
Ana Patrícia de Oliveira Lima
Glenda Mirella Ferreira da Costa

DOI 10.22533/at.ed.57220010723

CAPÍTULO 24 298

TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA: O MÉTODO POR DESINFECÇÃO SOLAR (SODIS)

Eduardo Amim Mota Lopes
Fátima Maria Monteiro Fernandes
Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

DOI 10.22533/at.ed.57220010724

CAPÍTULO 25 305

TECNOLOGIA AMBIENTAL PARA RECUPERAÇÃO DE ENERGIA

Anna Carolina Perez Suzano e Silva
Bruno de Albuquerque Amâncio
Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

DOI 10.22533/at.ed.57220010725

SOBRE O ORGANIZADOR..... 311

ÍNDICE REMISSIVO 312

QUALIDADE DA ÁGUA ESCOADA POR MÓDULOS DE TELHADOS VERDES COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE VEGETAÇÃO

Data de aceite: 17/06/2020

Thaís Camila Vacari

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT Cuiabá - MT

Zoraidy Marques de Lima

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos
Cuiabá - MT

Eduardo Beraldo de Moraes

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Cuiabá - MT

RESUMO: Os telhados verdes instalados nos topos das edificações têm sido usados para reduzir o volume do escoamento superficial e diminuir os efeitos da poluição urbana. A avaliação da qualidade da água escoada por essas estruturas verdes e os possíveis impactos das mesmas tem sido de grande interesse na última década. Neste estudo, a qualidade das águas pluviais captadas

e escoadas por módulos experimentais de telhados verdes com diferentes vegetações foi avaliada no município de Cuiabá, MT, Brasil. Para isso foram construídos três diferentes módulos de telhados verdes que continham uma gramínea, uma herbácea e um consórcio entre as duas plantas. Outro módulo que simulou um telhado convencional também foi avaliado. Na água captada dos telhados foram analisadas catorze variáveis de qualidade. Observou-se que as águas escoadas pelos telhados verdes apresentaram maiores valores de cor verdadeira, turbidez e sólidos totais, consequência da presença do substrato nesse tipo de estrutura. Os valores de DBO, bactérias heterotróficas e fungos cultiváveis não mostraram diferenças entre telhado convencional e telhados verdes. Os valores de coliformes totais na água escoada pelos telhados verdes foram superiores ao do telhado convencional, uma vez que essas bactérias ocorrem naturalmente no substrato e plantas. Por outro lado, a água escoada pelo telhado convencional apresentou maior quantidade de *Escherichia coli*, decorrente da contaminação desse telhado por fezes de animais de sangue quente, como pássaros, roedores, entre outros. Os telhados verdes atuaram como produtores de todos os nutrientes analisados (sulfato, nitrogênio

amoniaco, nitrato e ortofosfato), com exceção para o telhado com herbácea que atuou como sumidouro de ortofosfato.

PALAVRAS-CHAVE: Infraestrutura Verde, Poluição da Água, Nutrientes, Gramínea, Herbácea.

RUNOFF WATER QUALITY FROM GREEN ROOFS MODULES WITH DIFFERENT VEGETATION COMPOSITION

ABSTRACT: The green roofs installed on the tops of buildings have been used to reduce the volume of runoff and minimize the effects of urban pollution. The evaluation of the quality of the water drained by these green structures and their possible impacts has been of great interest in the last decade. In this study, the quality of rainwater collected and drained by green roof experimental modules with different vegetation was evaluated in the Cuiabá city, MT, Brazil. Thus, three different green roof modules containing grass, herbaceous, and intercropping of the two plants were built. Another module that simulated a conventional roof was also evaluated. Fourteen quality variables were analyzed in the water collected from the roof modules. It was observed that the water drained by the green roofs presented higher values of true color, turbidity, and total solids, a consequence of the presence of the substrate in this type of structure. The values of BOD, cultivable heterotrophic bacteria, and cultivable fungi showed no difference between conventional roof and green roofs. The values of total coliforms in the water drained by the green roofs were higher than those of the conventional roof since these bacteria occur naturally in the substrate and plants. On the other hand, the water drained from the conventional roof presented the higher amount of *Escherichia coli*, due to the contamination of that roof by the feces of warm-blooded animals, such as birds, rodents, among others. The green roofs acted as a source of all the analyzed nutrients (sulfate, ammoniacal nitrogen, nitrate, and orthophosphate), except for the herbaceous roof that acted as an orthophosphate sink.

KEYWORDS: Green Infrastructure, Water Pollution, Nutrients, Grass, Herbaceous.

1 | INTRODUÇÃO

Os telhados verdes, também chamados de telhados ecológicos ou telhados vegetados, são estruturas instaladas parcialmente ou na totalidade dos topos de edificações, sendo compostos por vegetações em um substrato (solo), um sistema de drenagem e uma membrana impermeável a água (BESIR; CUCE, 2018). Tais estruturas têm se destacado no ambiente urbano devido aos diversos benefícios gerados como a redução do escoamento superficial, uma vez que volume significativo das águas da chuva é retido no substrato e vegetação (BEECHAM; RAZZAGHMANESH, 2015), aumento do conforto térmico devido ao isolamento adicional proporcionado pelo meio de crescimento vegetativo (PARIZOTTO; LAMBERTS, 2011), redução das ilhas de calor (TAM; WANG; LE, 2016) e melhorias na qualidade do ar já que os telhados verdes capturam poluentes como O₃, NO₂, SO₂ e intercepta matéria particulada (YANG; YU; GONG, 2008). Além disso, os telhados verdes criam novos ambientes para plantas e animais melhorando a biodiversidade e os aspectos estéticos no meio urbano

(BERNDTSSON; BENGTTSSON; JINNO, 2009). Países como Alemanha, Suécia, Estados Unidos, Japão e Singapura já reconheceram a importância dos telhados verdes no meio urbano e possuem políticas públicas para incentivar a aplicação dessas estruturas verdes. No Brasil, o uso de telhados verdes ainda é incipiente, mas cidades como Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo aprovaram legislações específicas para incentivá-los.

Em uma perspectiva de gestão das águas pluviais, diversos estudos têm demonstrado a capacidade dos telhados verdes em reter este tipo de água com significativo amortecimento dos picos de vazão (VACARI et al., 2019). Ainda nessa perspectiva, os telhados verdes têm sido pesquisados quanto ao tipo e extensão do substrato, tipo de vegetação, inclinação e tipo de manejo. Estudos também têm avaliado a qualidade da água escoada pelos telhados verdes, apontando que eles podem atuar como sumidouros de poluentes e dessa forma melhorar a qualidade da água pluvial ou podem atuar como produtores de poluentes. Berndtsson et al. (2009) em estudos na Suécia e Japão observaram que os telhados verdes funcionaram como sumidouro de nitrogênio amoniacal e nitrato. Vijayaraghavan e Joshi (2014) demonstraram que os telhados verdes têm o potencial de reter vários metais (Ca, Mg, Al, Fe, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, Cd) e neutralizar a natureza ácida da água da chuva. No estudo de Vijayaraghavan e Raja (2014) os telhados verdes exibiram eficiência de até 97% na remoção de Al, Fe, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn e Cd. Por outro lado, Czemieli et al. (2006) analisaram alguns metais e nutrientes (Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Pb, Zn, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, N-total, $\text{PO}_4\text{-P}$, e P-total) presentes no escoamento de telhados verdes e observaram que, exceto para nitrato, essas estruturas verdes agiram como fonte de poluentes. Em estudo realizado na Carolina do Norte, Hathaway et al. (2008) observaram que as concentrações de nitrogênio total e fósforo total foram maiores na água escoada por telhados verdes do que na água da chuva. Teemusk e Mander (2011) em estudo realizado na Estônia também encontraram uma influência significativa dos telhados verdes na qualidade da água. A água de escoamento desses telhados apresentou maiores valores de pH, DBO_5 , P-total e $\text{PO}_4\text{-P}$ do que a do telhado convencional. No entanto, demanda química de oxigênio, N-total, SO_4 , Ca e Mg foram maiores nos telhados convencionais do que nos telhados verdes. Os resultados para $\text{NH}_4\text{-N}$ e $\text{NO}_3\text{-N}$ foram semelhantes em ambos os tipos de telhado.

Conforme Berndtsson (2010), a falta de consistência em afirmar se os telhados verdes funcionam como fonte ou sumidouro de contaminantes indica que as concentrações de poluentes presentes na água de escoamento são influenciadas por uma complexa interação de fatores. Alsup et al. (2013) também reiteraram tal informação, apontando que são muitos os fatores que podem influenciar a qualidade da água de escoamento, aumentando ou diminuindo a poluição da mesma.

Os fatores que podem influenciar a quantidade e/ou a qualidade da água são relacionados ao tipo do telhado verde (se intensivo ou extensivo), a sua inclinação, a composição do solo (substrato), as características da precipitação (intensidade e duração da chuva), estação do ano, o tipo de vegetação, a idade do telhado, o tipo de manutenção, as fontes de poluição do local e as propriedades físicas e químicas desses poluentes (ROWE, 2011).

Este estudo, realizado no topo de uma edificação no campus da Universidade Federal

de Mato Grosso no município de Cuiabá, MT, teve por objetivo caracterizar a qualidade da água pluvial captada por módulos experimentais de telhados verdes e observar se esses funcionam como fontes ou sumidouros de nutrientes (sulfatos, ortofosfato, nitrogênio amoniacal e nitrato) e outros parâmetros qualitativos, bem como avaliar se há influência da vegetação nesse processo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Módulos experimentais de telhados verdes

Para o desenvolvimento do estudo, módulos experimentais de telhados verdes extensivos foram construídos usando caixas plásticas (0,4 m de largura x 0,6 m de comprimento), levando em consideração os mesmos princípios de um telhado verde em escala real. Todos os módulos foram dispostos com um declive de 4° para simular o projeto de um telhado comum. O módulo padrão de telhado verde construído consistia de uma camada de drenagem, uma membrana filtrante, substrato e vegetação (Figura 1). Cada unidade também tinha um orifício de drenagem de 25 mm de diâmetro conectado a uma tubulação (3/4 de diâmetro) que direcionava a água pluvial escoada para um reservatório, e esta era coletada e analisada após os eventos chuvosos. A camada de drenagem consistia de 5,0 cm de espessura de argila expandida. Uma membrana geotêxtil (gramatura = 200 g/m²) foi utilizada como material filtrante para impedir que pequenas partículas fossem levadas da camada de substrato para o material drenante. O substrato foi composto por uma mistura de 90% de solo orgânico comercial (terra preta) e 10% de vermiculita. Duas vegetações foram selecionadas para o estudo, uma gramínea (*Zoysia japonica*) e uma herbácea (*Ixora coccinea*). Tais plantas foram escolhidas porque são muito usadas como plantas ornamentais em jardins de Cuiabá, o que indica que elas estão adaptadas às condições climáticas.

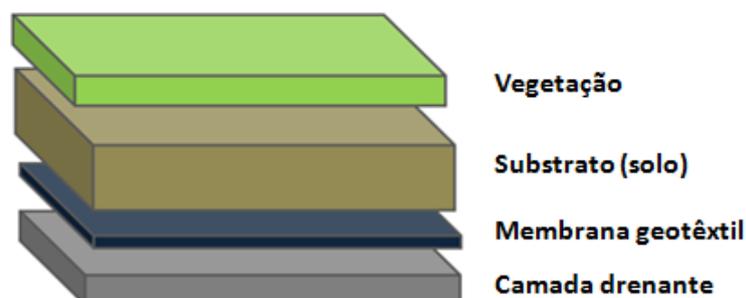


Figura 1. Layout do módulo de telhado verde construído no estudo.

2.2 Desenho experimental

Dois módulos experimentais de telhados verdes foram plantados com doze mudas de *Ixora coccinea* cada um (4 linhas x 3 colunas) espaçadas de forma equidistante entre si e as bordas da bandeja. As mudas eram de tamanho uniforme (altura aproximada de 7

cm). Em outros dois módulos, *Zoysia japonica* foi plantada como um tapete contínuo sobre toda a superfície do solo. Os mesmos procedimentos foram usados para plantar dois outros módulos de telhado verde com ambas as plantas (consórcio). Outras duas caixas plásticas sem a estrutura do telhado verde também foram acrescentadas no estudo para simular um telhado convencional. Assim, havia oito módulos de telhados neste estudo (dois de cada tipo) que foram denominados telhado convencional (T), telhado verde com gramínea (TG), telhado verde com herbácea (TH) e telhado verde com as plantas consorciadas (gramínea e herbácea) (TC).

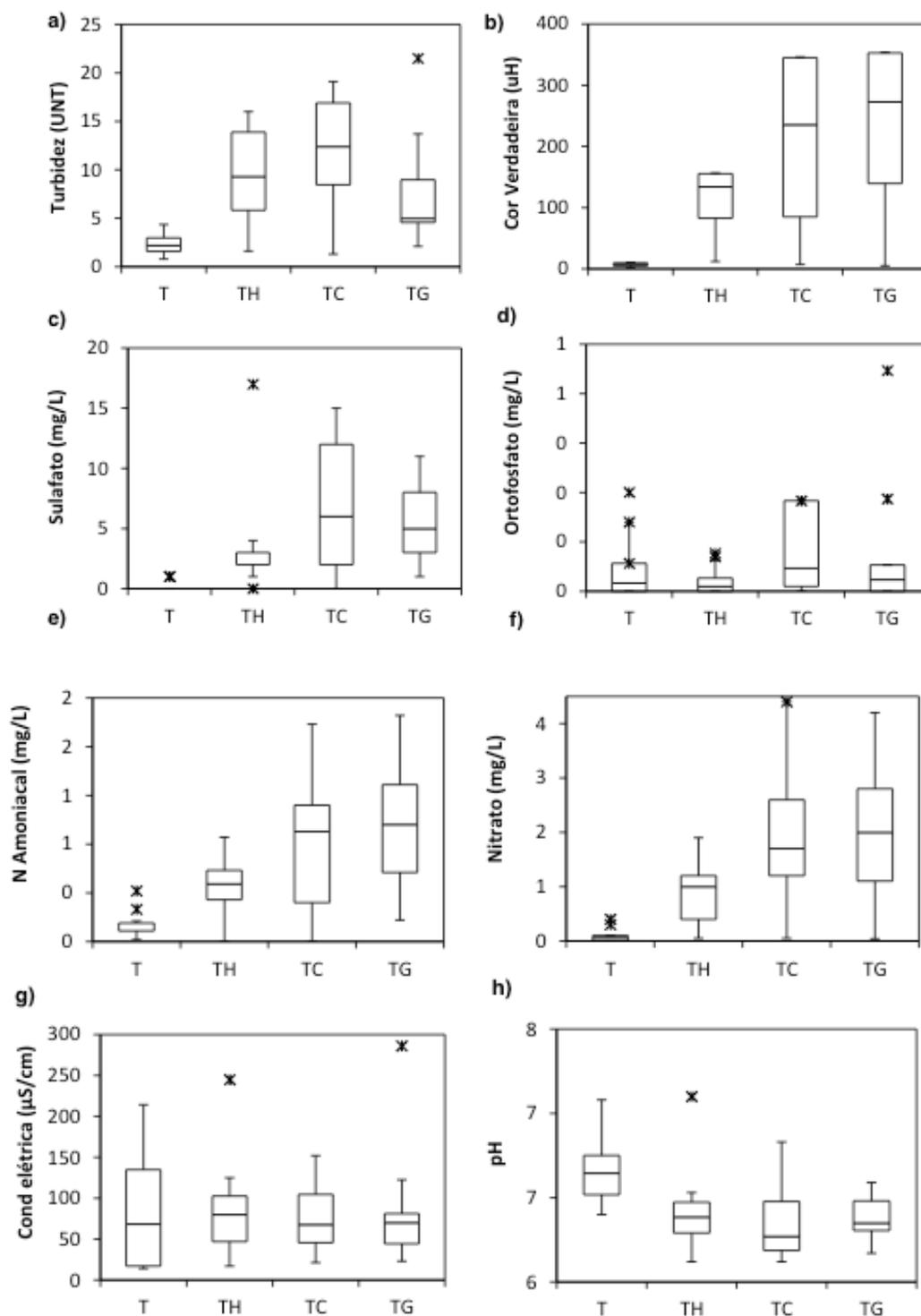
Os módulos de telhado verde foram dispostos aleatoriamente no telhado da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia (15 ° 36'29,27 "S e 56 ° 3'52,80" W). Eles foram posicionados 1,4 m acima do teto do prédio Faculdade.

2.3 Amostragem da água escoada pelos telhados verdes

Para fins de adaptação da vegetação, os módulos de telhados verdes foram irrigados a cada três dias, durante três meses (outubro a novembro de 2014). Após esse período, quinze coletas da água escoada pelos módulos logo após os eventos chuvosos foram efetuadas no período de janeiro a abril de 2015. As amostras tiveram suas características físicas, químicas e microbiológicas analisadas de acordo com os métodos indicados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). Os parâmetros analisados foram: pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), cor verdadeira (uH), turbidez (UNT), nitrato (mg/L), nitrogênio amoniacal (mg/L), ortofosfato (mg/L), sulfato (mg/L), sólidos totais (mg/L), DBO (mg/L), bactéria heterotróficas cultiváveis (UFC/mL), fungos cultiváveis (UFC/mL), coliformes totais (NMP/100mL) e *Escherichia coli* (NMP/100mL).

3. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta os resultados das dez variáveis físicas e químicas de qualidade analisadas na água captada pelos módulos de telhado convencional e dos telhados verdes.



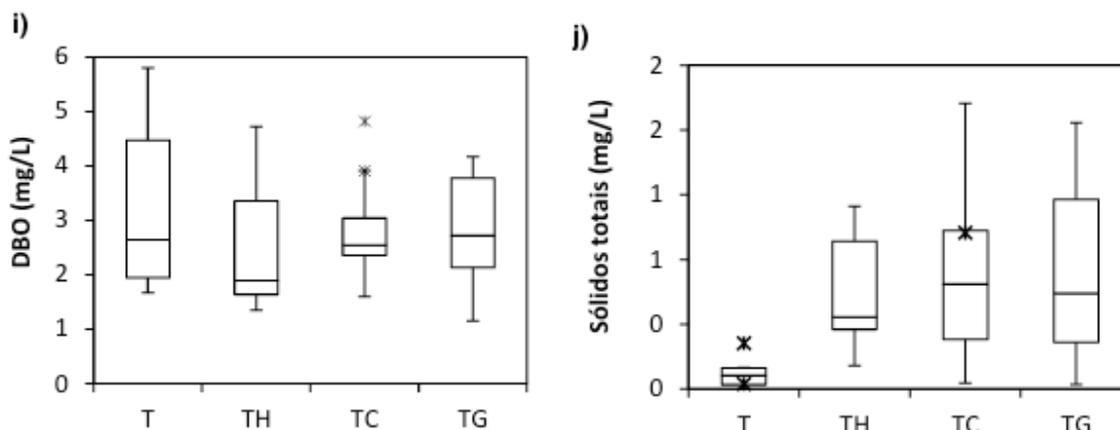


Figura 2. Média dos valores de: a) turbidez, b) cor verdadeira, c) sulfato, d) ortofosfato, e) nitrogênio amoniacal, f) nitrato, g) condutividade elétrica, h) pH, i) DBO e j) sólidos totais de águas escoadas pelos módulos de telhados convencional e verdes. Número de amostras analisadas = 15.

Legenda: T = Telhado convencional; TH = Telhado verde de herbácea; TC = Telhado verde de consórcio vegetal (herbácea e gramínea) e TG = Telhado verde de gramínea.

Os valores de turbidez estiveram abaixo de 5 UNT no telhado convencional, sendo menores do que os valores encontrados nos telhados verdes (Figura 2a). No telhado de herbácea os valores de turbidez variaram de 1,6 a 16 UNT com mediana de 9,3 UNT, no telhado com o consórcio de plantas os valores variaram de 1,3 a 19,1 e a mediana foi de 12,4 UNT e o telhado de gramínea apresentou o menor valor de mediana entre os telhados verdes (5 UNT) apresentando uma variação de 2,1 a 13,7 UNT.

Os valores de cor verdadeira no telhado convencional apresentaram mediana de 2 uH. Com relação aos telhados verdes os valores de cor verdadeira foram superiores ao do telhado convencional, evidenciando a influência do substrato para a liberação de compostos dissolvidos na água. No telhado de herbácea a cor verdadeira variou de 12 a 193 uH com mediana de 134 uH, no telhado de consórcio de plantas a variação foi de 7 a 482 uH para uma mediana de 235,5 uH e o telhado de gramínea apresentou variação de 5 a 459 uH e mediana de 273 uH (Figura 2b).

No telhado convencional os valores de sulfato em todas as coletas estiveram abaixo de 2 mg/L. No telhado verde de herbácea os valores de sulfato variaram de 2 a 4 mg/L com mediana de 3 mg/L e no de gramínea variaram de 2 a 11 mg/L com mediana de 5 mg/L. No telhado com o consórcio vegetal foi observado os maiores valores para esse parâmetro, que variaram de 2 a 15 mg/L com mediana de 6 mg/L (Figura 2c). Os valores de ortofosfato no telhado verde de herbácea variou de 0 a 0,19 mg/L, no de gramínea de 0 a 0,16 mg/L, no de consórcio vegetal de 0 a 0,55 mg/L e no telhado convencional variou de 0 a 0,42 mg/L (Figura 2d).

Nas Figuras 2e e 2f é possível observar que as medianas de nitrogênio amoniacal e nitrato no telhado convencional foram de 0,19 e 0,06 mg/L. Entre os telhados verdes, os que apresentaram maiores concentrações destes nutrientes foram os telhados com gramínea e consorciado. As medianas para nitrogênio amoniacal foram 1,13, 1,2 e 0,59 mg/L e para

nitrito 1,7, 2,0 e 1,0 mg/L, para TC, TG e TH, respectivamente.

A respeito da condutividade elétrica, que está relacionada com a quantidade de íons na água, foi possível observar que os valores de condutividade diferiram pouco entre as amostras coletadas. Como se observa na Figura 2g seus valores variaram de 14-214 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no telhado convencional, de 17-125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no telhado verde com herbácea, de 21-152 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no telhado verde com consórcio de plantas e de 23-122 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no telhado verde de gramínea.

Os valores de pH no telhado convencional variaram de 6,9 a 7,58 com mediana de 7,15. No telhado verde de herbácea a variação foi de 6,62 a 7,03 com mediana de 6,89, no telhado consorciado variou de 6,62 a 7,33 com mediana de 6,77 e no telhado de gramínea variou de 6,67 a 7,09 com mediana de 6,85. Com relação à DBO o telhado que apresentou maior variação foi o convencional (1,67 a 5,8 mg/L) e o com consórcio vegetal a menor variação (1,6 a 3,9 mg/L). O telhado de gramínea variou de 1,15 a 4,17 mg/L enquanto no telhado verde de herbácea a variação foi de 1,67 a 5,8 mg/L.

Os resultados médios encontrados para sólidos totais variaram de 0,03 a 2,2 mg/L nos telhados verdes, sendo as medianas de 0,5, 0,8 e 0,7 mg/L para TH, TC e TG, respectivamente. Os valores de sólidos totais no telhado convencional variaram de 0 a 0,16 mg/L estando bem abaixo do encontrado nos telhados verdes.

A Figura 3 apresenta os resultados das quatro variáveis microbiológicas analisadas na água captada do telhado convencional e dos telhados verdes.

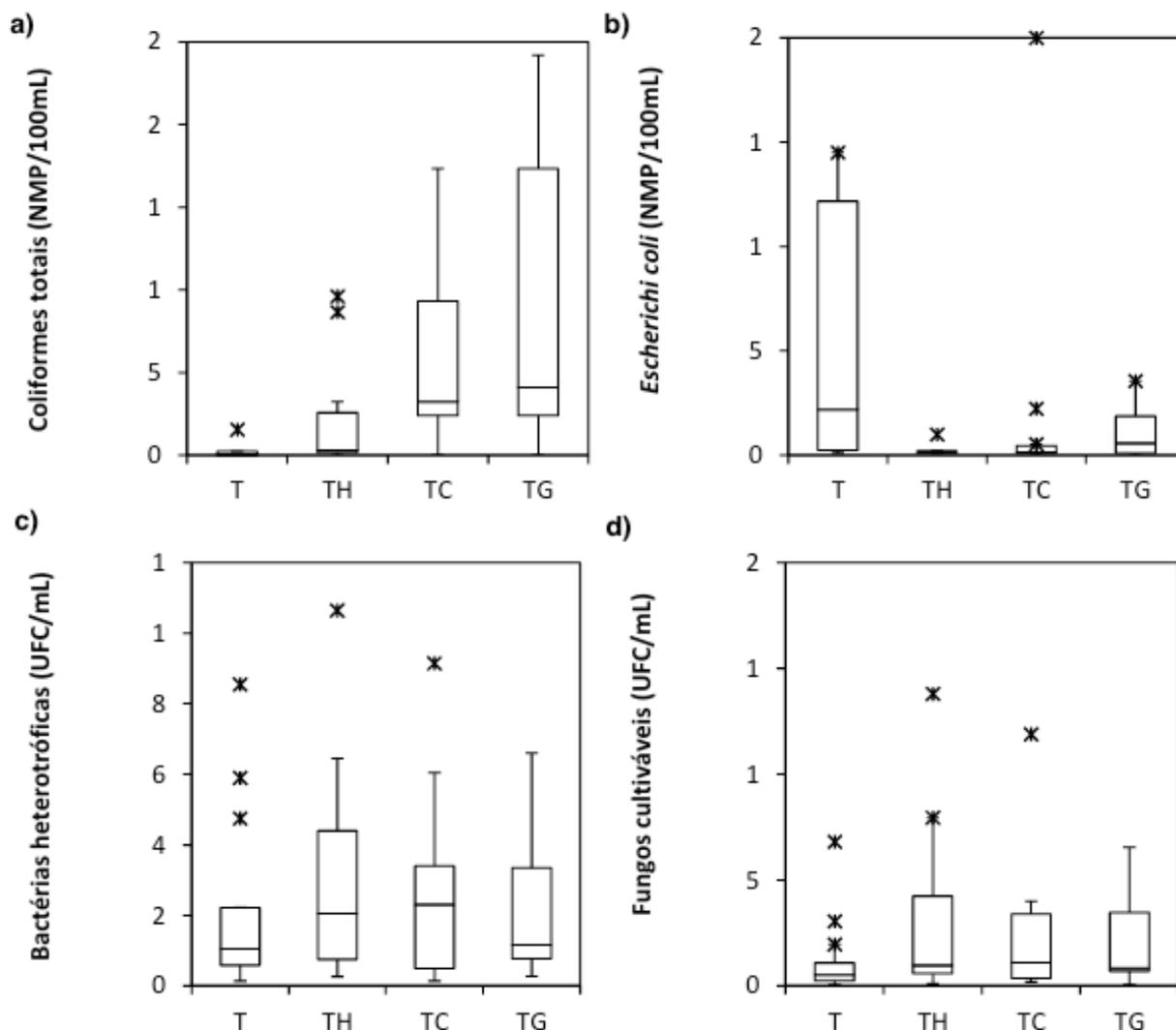


Figura 3. Valores médios de: a) coliformes totais, b) *Escherichia coli*, c) bactérias heterotróficas e d) fungos de águas escoadas pelos módulos de telhados convencional e verdes. Número de amostras analisadas = 15.

Legenda: T = Telhado convencional; TH = Telhado verde de herbácea; TC = Telhado verde de consórcio vegetal (herbácea e gramínea) e TG = Telhado verde de gramínea.

Os valores de coliformes totais para o telhado convencional foram menores do que os encontrados nos telhados verdes. Por outro lado, maior quantidade de *E. coli* foram observadas no telhado convencional.

A mediana da quantidade de unidades formadoras de colônia de bactérias heterotróficas cultiváveis não variou muito entre o telhado convencional ($1,05 \times 10^{-5}$ UFC/mL) e os telhados verdes ($2,05 \times 10^{-5}$, $2,30 \times 10^{-5}$ e $1,17 \times 10^{-5}$ UFC/mL em TH, TC e TG, respectivamente).

A mediana da quantidade de unidades formadoras de colônia de fungos cultiváveis também não variou muito entre o telhado convencional ($5,2 \times 10^{-3}$ UFC/mL) e os telhados verdes ($9,7 \times 10^{-5}$, $1,1 \times 10^{-5}$ e $8,5 \times 10^{-5}$ UFC/mL em TH, TC e TG, respectivamente).

3 | DISCUSSÃO

Os telhados verdes apresentaram valores de cor verdadeira, turbidez e sólidos suspensos superiores aos encontrados no telhado convencional. Isso ocorreu devido ao substrato presente nos telhados verdes, que podem ser carregados pela água da chuva assim como liberar matéria orgânica dissolvida conferindo cor à água. Tal resultado também foi observado por Alsup et al. (2010) ao avaliar diferentes tipos de vegetação e composição do substrato em telhados verdes. Rowe et al. (2012) apontaram que os substratos usados como meio de cultivo para a vegetação têm um efeito enorme sobre a qualidade do efluente, conferindo cor, turbidez e sólidos principalmente quando os telhados verdes são novos (jovens).

O telhado verde com gramínea apresentou valores menores de turbidez em relação aos outros telhados verdes e isso está relacionado com a característica dessa vegetação que encobre de forma homogênea toda a superfície do substrato do telhado, diminuindo o carregamento de partículas. Morgan et al. (2011) apontaram que a turbidez da água escoada pelos telhados verdes é altamente dependente dos materiais que compõem o substrato assim como presença ou ausência e tipo de plantas.

Os valores diferenciados de cor verdadeira no telhado verde de herbácea se devem possivelmente a este possuir uma superfície do solo mais vulnerável e assim o substrato pode ter sido lavado durante o processo de adaptação com as irrigações frequentes, fazendo com que os valores de cor verdadeira fossem menores que dos outros telhados verdes.

A idade do telhado verde também pode influenciar a qualidade da água de escoamento (ROWE, 2011). Neste estudo os telhados verdes possuíam aproximadamente seis meses de uso, sendo considerados telhados novos. O substrato em telhados verdes novos ainda possui grande concentração de nutrientes e matéria orgânica que podem ter sido lixiviados e interferido nos valores de cor verdadeira e turbidez encontrados.

Com relação aos nutrientes analisados os telhados verdes atuaram como produtores, exceto o telhado verde com herbácea que atuou como sumidouro de 40% de ortofosfato, quando comparado ao telhado convencional. Beecham e Razzaghmanesh (2015) observaram que isso é possível devido à absorção das plantas, pois na natureza os principais reservatórios do íon fosfato são as rochas, e por ser um composto solúvel, esse íon é facilmente carregado pelas chuvas e quando no solo pode ser absorvido pelos vegetais que o utilizam para formar compostos orgânicos. Já os telhados verdes consorciados e com gramínea produziram 180% e 40% a mais de ortofosfato, respectivamente, quando comparados ao produzidos pelo telhado convencional.

Também foi possível observar que o TH para todos os nutrientes analisados apresentou valores inferiores quando comparado ao TC e TG. Isso se deve possivelmente a superfície descoberta deste tipo de telhado verde, que contribui para uma rápida infiltração aumentando o volume da água escoada e diluindo alguns compostos químicos.

Ainda foi possível observar que os telhados verdes alteraram o pH da água escoada, cujo valores foram menores do que a água escoada pelo telhado convencional. Entretanto,

estes valores menores ficaram próximo ao valor neutro de pH. Diversos estudo, ao contrário do que foi observado aqui, tem apontado que telhados verdes possuem a capacidade de neutralizar o caráter ácido das águas da chuva, principalmente devido a carbonatos presentes no substrato, o que impede a lixiviação de metais (BERNDTSSON, 2010; ROWE, 2011).

A DBO descreve os compostos orgânicos (por exemplo, restos vegetais e matéria orgânica em decomposição) liberada pelo substrato dos telhados verdes (TEEMUSK; MANDER, 2011). Zhang et al. (2015) verificaram que os valores de DBO para telhados verdes foram superiores aos valores encontrados para um telhado convencional. Os valores de DBO no telhado convencional neste estudo, foram semelhantes aos telhados verdes, o que surpreendem, visto que por não possuir substrato esperava-se menores valores de DBO.

Os valores de coliformes totais na água escoada pelos telhados verdes foram muito superiores aos encontrados na água escoada pelo telhado convencional. Esse grupo de bactérias, representado pelos gêneros *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Escherichia* tem ocorrência natural no solo e vegetação (BRUM et al., 2016) justificando os maiores valores observados para os telhados verdes quando comparados aos valores do telhado convencional.

A bactéria *E. coli* é a principal indicadora de contaminação fecal uma vez que sua origem é exclusivamente de trato digestório humano ou de animais de sangue quente (SILVA et al., 2014) Os maiores valores de *E. coli* encontrados nas águas escoadas pelo telhado convencional quando comparados aos encontrados nos telhados verdes estão relacionados com a contaminação do telhado convencional por fezes de animais de sangue quente, como pássaros, roedores, entre outros. Tal situação também foi apontada por Chang et al. (2004) que indicou que um telhado convencional pode apresentar diferentes graus de poluição fecal devido a sua fácil contaminação principalmente por fezes de aves.

4 | CONCLUSÕES

Observou-se que os telhados verdes aumentaram a cor verdadeira, turbidez e sólidos totais da água da chuva captada, consequência da presença do substrato. As concentrações de DBO, bactérias heterotróficas e fungos cultiváveis nas águas escoadas de telhados verdes e convencional não se mostraram diferentes. Os maiores valores de coliformes totais nas águas escoadas pelos telhados verdes se justificam pela presença natural dessas bactérias no substrato e vegetação. Já a maior concentração de *E. coli* na água escoada pelo telhado convencional é devido à contaminação por fezes de animais de sangue quente. Com relação aos nutrientes, os telhados verdes atuaram como fonte de todos os nutrientes analisados (sulfato, nitrogênio amoniacal e nitrato e ortofosfato), porém o TH atuou como sumidouro de ortofosfato.

REFERÊNCIAS

- ALSUP, S.; BATTAGLIA, L.; RETZLAFF, W. Green roof systems as sources or sinks influencing heavy metal concentrations in runoff. **Journal of Environmental Engineering**, April, p. 502–508, 2013.
- ALSUP, S.; EBBS, S.; RETZLAFF, W. The exchangeability and leachability of metals from select green roof growth substrates. **Urban Ecosystems**, v. 13, n. 1, p. 91–111, 2010.
- BEECHAM, S.; RAZZAGHMANESH, M. Water quality and quantity investigation of green roofs in a dry climate. **Water Research**, v. 70, p. 370–384, 2015.
- BERNDTSSON, J. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. **Ecological Engineering**, v. 36, n. 4, p. 351–360, 2010.
- BERNDTSSON, J. C.; BENGTTSSON, L.; JINNO, K. Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. **Ecological Engineering**, v. 35, n. 3, p. 369–380, 2009.
- BESIR, A. B.; CUCE, E. Green roofs and facades: A comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, n. October 2017, p. 915–939, 2018.
- BRUM, B. R.; OLIVEIRA, N. R.; REIS, H. C. O.; LIMA Z. M.; MORAIS, E. M. Qualidade das águas de poços rasos em área com déficit de saneamento básico em Cuiabá, MT: avaliação microbiológica, físico-química e fatores de risco à saúde. **Holos**, v. 2, p. 179, 2016.
- CHANG, M.; MCBROOM, M. W.; BEASLEY, R. S. Roofing as a source of nonpoint water pollution. **Journal of Environmental Management** v. 73, p. 307–315, 2004.
- CZEMIEL, J.; EMILSSON, T.; BENGTTSSON, L. The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. **Science of the Total Environment**, v. 355, p. 48–63, 2006.
- HATHAWAY, A. M.; HUNT, W. F.; JENNINGS, G. D. A field study of green roof hydrologic and water quality performance. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 1, p. 37–44, 2008.
- PARIZOTTO, S.; LAMBERTS, R. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 7, p. 1712–1722, 2011.
- ROWE, D. B. Green roofs as a means of pollution abatement. **Environmental Pollution**, v. 159, n. 8–9, p. 2100–2110, 2011.
- ROWE, D. B.; GETTER, K. L.; DURHMAN, A. K. Landscape and Urban Planning Effect of green roof media depth on Crassulacean plant succession over seven years. **Landscape and Urban Planning**, v. 104, n. 3–4, p. 310–319, 2012.
- SILVA, P. A. J. G.; LIMA, S. D.; GOLIN, R.; FIGUEIREDO, D. M.; LIMA, Z. M.; MORAIS, E. B.; DORES, E. F. G. C. Qualidade da água de uma microbacia com fins de abastecimento público, Chapada dos Guimarães, MT. **Holos**, v. 4, p. 22, 2014.
- MORGAN, S.; ALYASERI, I.; RETZLAFF, W. Suspended solids in and turbidity of runoff from green roofs. **International Journal of Phytoremediation**, v. 13, p. 179–193, 2011.
- TAM, V. W. Y.; WANG, J.; LE, K. N. Thermal insulation and cost effectiveness of green-roof systems: An empirical study in Hong Kong. **Building and Environment**, v. 110, p. 46–54, 2016.
- TEEMUSK, A.; MANDER, Ü. The Influence of green roofs on runoff water quality: a case study from Estonia. **Water Resources Management**, p. 3699–3713, 2011.

VACARI, T. C.; LARA, J. R.; LIMA, Z. M.; MORAIS, E. B. Water quantity investigation of simulated green roofs in a tropical climate: influence of vegetation composition Investigação da quantidade de água de telhados verdes simulados em um clima tropical : influência da composição da vegeta o. v. 2, p. 2–14, 2019.

VIJAYARAGHAVAN, K.; JOSHI, U. M. Can green roof act as a sink for contaminants? A methodological study to evaluate runoff quality from green roofs. **Environmental Pollution**, v. 194, p. 121–129, 2014.

VIJAYARAGHAVAN, K.; RAJA, F. D. Design and development of green roof substrate to improve runoff water quality: Plant growth experiments and adsorption. **Water Research**, v. 63, p. 94–101, 2014.

YANG, J.; YU, Q.; GONG, P. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 31, p. 7266–7273, 2008.

ZHANG, Q.; MIAO, L.; WANG, X.; LIU, D.; ZHU, L.; ZHOU, B.; SUN, J.; LIU, J. The capacity of greening roof to reduce stormwater runoff and pollution. **Landscape and Urban Planning**, v. 144, p. 142–150, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agrotóxicos 26, 29, 34, 35, 40, 44, 51, 99, 100, 101, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 233, 235, 244, 246

Água 9, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 31, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 58, 60, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 92, 93, 96, 103, 104, 105, 106, 113, 115, 116, 117, 118, 137, 140, 141, 143, 144, 145, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 156, 161, 163, 165, 166, 172, 173, 174, 179, 182, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 225, 234, 236, 238, 241, 242, 245, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310

Aplicações 38, 304, 309, 310

Ar 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 58, 73, 80, 166, 204, 205, 206, 225, 237, 238, 265

Áreas Rurais 55, 64, 160, 168, 195, 233, 300

B

Bacia Hidrográfica 53, 55, 56, 57, 58, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 117, 118, 119, 143, 144, 145, 146, 149, 150, 151, 152, 153, 181

Barragens 112, 114, 115, 116, 117, 183

C

CONAMA 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 53, 54, 55, 59, 60, 62, 63, 65, 67, 68, 84, 89, 101, 180, 181, 182, 183, 185, 203, 209, 233, 234, 238, 242, 247, 248

Contaminação Ambiental 157, 163, 235

Controle 12, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 37, 40, 68, 79, 82, 83, 91, 92, 93, 95, 96, 99, 103, 104, 107, 108, 110, 111, 114, 115, 130, 152, 154, 155, 156, 158, 161, 162, 165, 169, 171, 172, 180, 182, 184, 185, 188, 195, 199, 226, 231, 235, 238

D

Dano 5, 73, 74, 76, 77, 78, 115, 183

Desenvolvimento 9, 2, 3, 4, 28, 32, 38, 39, 41, 45, 51, 73, 74, 75, 78, 82, 91, 92, 93, 95, 99, 106, 108, 109, 110, 113, 114, 115, 118, 133, 137, 147, 151, 155, 166, 173, 174, 180, 181, 186, 189, 191, 195, 196, 197, 202, 203, 207, 212, 224, 226, 234, 243, 244, 254, 267, 278, 299, 300, 302

Desinfecção 161, 277, 279, 280, 281, 282, 298, 300, 301

Dessalinização 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 305, 306, 307, 308, 309

E

Economia 2, 3, 16, 18, 20, 22, 25, 38, 75, 157, 173, 179, 190, 207, 226, 235, 277, 279, 282, 283, 284, 299

Educação Ambiental 33, 40, 80, 83, 88, 110, 168, 224, 231

Efluente Tratado 277, 279, 280, 284

Eletrocoagulação 212, 223

Energia 9, 38, 73, 114, 132, 133, 134, 135, 137, 139, 140, 141, 144, 172, 173, 174, 175, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 190, 191, 193, 195, 204, 205, 208, 223, 282, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 309
Escassez hídrica 201, 202
Esgoto 96, 195, 205, 208, 277, 279, 280, 281, 284, 285
Espaço urbano 287
Estatística 52, 112, 122, 124, 246, 297, 300
Eutrofização 38, 253, 254, 257, 263

F

Filtração 277, 281, 282
Fontes 4, 5, 6, 11, 12, 16, 54, 64, 68, 73, 118, 152, 174, 179, 204, 209, 236, 246, 258, 266, 267, 303

G

Geomorfologia 143
Gramínea 265

H

Herbácea 264, 265, 267, 268, 270, 271, 272, 273
Hidroeletricidade 172, 173, 174, 175, 177, 178, 183
Hidrologia 117, 153, 112, 117, 153
Histopatologia 24, 27

I

Impactos 9, 13, 25, 29, 37, 38, 40, 53, 55, 67, 72, 81, 92, 93, 94, 95, 108, 113, 154, 156, 157, 161, 164, 166, 168, 170, 172, 173, 174, 178, 179, 180, 181, 183, 186, 193, 197, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 209, 210, 225, 227, 228, 230, 231, 233, 234, 235, 247, 264, 287
irrigação 24, 26, 29, 31, 152, 179, 207, 254, 258, 277, 280, 284

L

Lixo Urbano 65, 246, 287

M

Meio Ambiente 1, 9, 3, 4, 5, 6, 40, 65, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 81, 83, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 97, 98, 100, 105, 109, 154, 157, 161, 167, 168, 172, 173, 178, 179, 183, 184, 185, 190, 199, 201, 202, 203, 224, 226, 228, 233, 7, 10, 11, 12, 14, 34, 36, 67, 70, 71, 79, 80, 98, 131, 132, 153, 161, 180, 182, 184, 185, 186, 201, 203, 209, 231, 248, 255, 297, 298, 305, 311
Metais 53, 55, 58, 59, 60, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 166, 171, 205, 233, 234, 235, 238, 239, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 266, 274
Mitigação 3, 93, 172, 181, 201, 203
Modelagem 68, 112, 124, 129, 126, 129, 153
Morfometria 143, 150, 153
Mudanças Climáticas 23, 112, 114, 124, 131, 260

N

Nutrientes 37, 38, 40, 48, 49, 51, 55, 152, 195, 196, 204, 205, 234, 240, 241, 242, 254, 257, 258, 264, 266, 267, 270, 273, 274

P

Pluvial 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 65, 106, 195, 198, 266, 267

Poluição 1, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 25, 26, 72, 73, 80, 91, 93, 107, 109, 121, 166, 173, 180, 184, 185, 195, 196, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 225, 226, 227, 234, 235, 245, 264, 266, 274

Potabilidade 299, 300

Produção Agrícola 179, 233, 247

Produtores Rurais 154, 158, 159

R

Reservatório 17, 18, 20, 21, 73, 115, 119, 129, 130, 179, 183, 253, 257, 258, 259, 260, 267, 280, 282, 283

Residuais 205

Resíduos hospitalares 81, 83, 86

S

Solo 38, 39, 47, 54, 55, 57, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 116, 117, 118, 120, 121, 124, 129, 130, 144, 146, 152, 153, 166, 204, 207, 225, 230, 233, 234, 235, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 265, 266, 267, 268, 273, 274, 55, 61, 62, 66, 68, 70, 113, 144, 196, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249

Sustentável 38, 40, 52, 78, 91, 92, 95, 99, 101, 106, 110, 111, 113, 173, 174, 180, 186, 198, 200, 203, 226, 278, 297, 300, 301

T

Tratamento 16, 19, 22, 37, 63, 83, 106, 107, 108, 109, 134, 145, 161, 193, 196, 197, 198, 202, 205, 207, 208, 212, 223, 227, 228, 229, 277, 278, 279, 280, 281, 283, 284, 298, 299, 300, 301, 303, 308

 **Atena**
Publisher

2 0 2 0