

# TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)



**Atena**  
Editora  
Ano 2020

# TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)



**Atena**  
Editora  
Ano 2020

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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. 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  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **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. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª 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  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
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  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
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. Lillian 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. Dr. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Tratamento de água de abastecimento e águas residuárias

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremonesi  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T776 Tratamento de água de abastecimento e águas residuárias /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-631-7

DOI 10.22533/at.ed.317202511

1. Água. 2. Águas residuais. 3. Purificação. 4.  
Tratamento biológico. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da  
Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628.35

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

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

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

## APRESENTAÇÃO

A coleção “Tratamento de Água de Abastecimento e Águas Residuárias” é uma obra constituída por nove trabalhos em forma de capítulos visando promover a apresentação e discussão científica de forma intra e interdisciplinar, que convergem para uma mesma problemática: a crescente preocupação com a qualidade dos recursos hídricos, bem como os fatores que podem afetar de forma negativa a sua disponibilidade e qualidade para fins de potáveis.

Esta coleção apresenta estudos que investigaram: (i) fatores que afetam índices pluviométricos e capacidade de absorção e escoamento de águas residuárias; (ii) qualidade e propriedades organolépticas de corpos hídricos; (iii) parâmetros físico-químicos e biológicos de águas para fins potáveis; (iv) capacidade de percepção de moradores de municípios em relação a conscientização do uso racional de água; (v) qualidade e diversidade de esgoto residenciais e os conseqüentes impactos gerados ao solo, corpos receptores, biota aquática e ao ser humano; (vi) alternativas de baixo custo para construção de sistemas alternativos de tratamento de águas cinzas (provenientes de limpeza de objetos e higienização pessoal) e águas negras (originárias de vasos sanitárias, rica em matéria orgânica) e (vii) proposta de produção de sabão, ecologicamente correto, a partir de gorduras e óleos provenientes de efluentes de laticínios.

Estes temas possibilitarão ao leitor adquirir uma visão mais sistêmica da importância para uma conscientização ambiental que leve a adoção de comportamentos e ações que estimule, de forma voluntária, ao uso consciente e racional dos recursos hídricos e a execução de ações que minimizem a poluição de forma direta ou indiretamente de corpos aquáticos, garantindo uma melhor qualidade de vida e bem estar da atual e futura sociedade, bem como a preservação de outras espécies de seres vivos.

Diante disso, a coleção “Tratamento de Água de Abastecimento e Águas Residuárias” distribuída em nove trabalhos de grande relevância e que foram selecionadas de forma criteriosa, visando colaborar e possibilitar o entendimento e a reflexão para a mudança de atitudes e atos que além de impactar menos, possibilite recuperar e preservar os recursos hídricos e todo o meio ambiente.

Neste sentido e com o intuito de colaborar para a disseminação destas e de outras informações que leve ao despertar para uma relação mais harmônica entre o homem e o meio ambiente, a Atena Editora possui condições e estrutura que possibilite o acesso por meio de uma plataforma consolidada e confiável tanto para os pesquisadores que se dedicaram com afinco aos trabalhos que compõem a presente obra, quanto àqueles que vierem a oferecer futuras contribuições científicas que auxiliem a sociedade para uma maior conscientização ambiental.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **MODELAGEM DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO- PE**

Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento  
Filipe Mendonça de Lima  
Ana Luíza Xavier Cunha  
Moacyr Cunha Filho  
Guilherme Rocha Moreira  
Renisson Neponuceno de Araújo Filho  
Dâmocles Aurélio Nascimento da Silva Alves  
Victor Casimiro Piscoya  
Jucarlos Rufino de Freitas  
Denise Stéphanie de Almeida Ferreira  
Maria Marciele de Lima Silva  
Natália Moraes Cordeiro

**DOI 10.22533/at.ed.3172025111**

### **CAPÍTULO 2..... 16**

#### **EQUAÇÕES MENSAIS DE ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO DE INTENSIDADE MÁXIMA PARA O MUNICÍPIO DE SOROCABA-SP**

José Carlos Ferreira  
Maria do Carmo Vara Lopes Orsi  
Orlando Homen de Mello  
Anderson Luiz de Souza  
Mauro Tomazela  
Larissa Zink Carneiro Meira Bergamaschi

**DOI 10.22533/at.ed.3172025112**

### **CAPÍTULO 3..... 34**

#### **ANÁLISE PRELIMINAR DOS IMPACTOS DE ORDEM SANITÁRIA E AMBIENTAL NO ENTORNO DO LAGO MAPIRI**

Luane Priscila Gato Lopes  
Raquel Ester Campés Pereira  
Rayan Picanço de Campos  
Wanderson dos Santos Monteiro

**DOI 10.22533/at.ed.3172025113**

### **CAPÍTULO 4..... 43**

#### **APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Isis Guimarães Moreira  
Ludmilla de Oliveira Calado  
Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento  
Douglas Wilson Silva Santana

**DOI 10.22533/at.ed.3172025114**

**CAPÍTULO 5..... 57**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA CIDADE DE ITABUNA-BAHIA DURANTE A CRISE HÍDRICA DE 2015 E 2016**

Geovana Brito Guimarães  
José Wildes Barbosa dos Santos  
Raildo Mota de Jesus  
Fábio Alan Carqueija Amorim

**DOI 10.22533/at.ed.3172025115**

**CAPÍTULO 6..... 71**

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE MELHORIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO SUL DO RIO GRANDE DO SUL**

Henrique Sanchez Franz  
Marlon Heitor Kunst Valentini  
Gabriel Borges dos Santos  
Bárbara Lima Corrêa  
Maicon Moraes Santiago  
Danielle A. Bressiani  
Bruno Müller Vieira  
Claudia Fernanda Lemons e Silva  
Rubia Flores Romani

**DOI 10.22533/at.ed.3172025116**

**CAPÍTULO 7..... 86**

**OPINIÃO PÚBLICA RELACIONADA AO CONSUMO DE ÁGUA EM BAIROS COM E SEM A INSTALAÇÃO DE HIDRÔMETROS (RESIDENCIAL SALVAÇÃO E BAIRO ALDEIA)**

Arícia Jaiane Carvalho Dantas  
João Otavio dos Santos  
Josiane de Almeida Lima  
Juane Maria Sousa Ferreira  
Luane Priscila Gato Lopes  
Brunna Lucena Cariello

**DOI 10.22533/at.ed.3172025117**

**CAPÍTULO 8..... 93**

**TRATAMENTO DE ÁGUAS NEGRAS PELO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO**

Jhadme Henrique Gonçalves Domingues  
Láisa Costa Scherer  
Francisca da Silva Sousa  
Luís Antonio Fonseca Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.3172025118**

**CAPÍTULO 9..... 102**

**UMA ATIVIDADE SUSTENTÁVEL: PRODUÇÃO DE SABÃO A PARTIR DA GORDURA GERADA NO PROCESSO PRODUTIVO DE UM LATICÍNIO**

Igor Duarte Rosa Lima

**DOI 10.22533/at.ed.3172025119**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>116</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>117</b>

# CAPÍTULO 1

## MODELAGEM DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO- PE

Data de aceite: 23/11/2020

Data de submissão: 04/09/2020

### **Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0001-7565-7873>

### **Filipe Mendonça de Lima**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0002-8748-7688>

### **Ana Luíza Xavier Cunha**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0002-3678-4340>

### **Moacyr Cunha Filho**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0002-3466-8143>

### **Guilherme Rocha Moreira**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0001-6344-1151>

### **Renisson Neponuceno de Araújo Filho**

Universidade Federal do Tocantins - UFT  
Gurupi - TO  
<http://orcid.org/0000-0002-9747-1276>

### **Dâmocles Aurélio Nascimento da Silva Alves**

Universidade de Pernambuco - UPE  
Garanhuns - PE  
<https://orcid.org/0000-0002-7928-1276>

### **Victor Casimiro Piscoya**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/4581165998180986>

### **Jucarlos Rufino de Freitas**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0002-3497-4263>

### **Denise Stéphanie de Almeida Ferreira**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0001-5150-9331>

### **Maria Marciele de Lima Silva**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0001-5185-2711>

### **Natália Moraes Cordeiro**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/5022312724673079>

**RESUMO:** O estudo das condições climáticas e suas mudanças associadas a elas são de grande importância para uma sociedade. Principalmente por apresentarem grandes implicações na vida

cotidiana, como é o caso das previsões da precipitação podendo interferir, desde as questões econômicas, ambientais e sociais. A pesquisa teve como objetivo realizar a previsão da precipitação pluviométrica do município de Vitória de Santo Antão – PE para os próximos quatro anos. Os dados são registros pluviométricos do posto 26 da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC), localizado no próprio município. Foram analisados os valores diários do ano de 1970 a 2018. A análise estatística foi realizada a partir dos seguintes testes: de KPSS, de Mann-Kendall e a metodologia de Box-Jenkins. Observou-se que em alguns anos, ocorreram precipitações significativamente acima da média, como nos anos de 1978, 1986, 2000, 2005 e em 2011, estando todos acima de 1.309 mm. Já as séries pluviométricas mínimas foram registradas em torno de 300 a 1.000 mm, com destaque para os anos de 1995 a 2003, e mais recentemente entre 2014 a 2018. Diante dos resultados obtidos concluiu-se que os valores de precipitação previstos para o município de Vitória de Santo Antão – PE, para os próximos quatro anos, encontram-se abaixo da média (1.309 mm).

**PALAVRAS-CHAVE:** Séries temporais, índice pluviométrico, tendência.

## MODELING OF PLUVIOMETRIC PRECIPITATION IN THE MUNICIPALITY OF VITÓRIA DE SANTO ANTÃO- PE

**ABSTRACT:** The study of climatic conditions and their associated changes are of great importance to a society. Mainly because they present great implications in everyday life, as is the case of precipitation forecasts that may interfere, from economic, environmental and social issues. The objective of the research was to predict rainfall in the municipality of Vitória de Santo Antão - PE for the next four years. The data are pluviometric records of station 26 of the Pernambuco Water and Climate Agency (APAC), located in the municipality itself. The daily values of the year 1970 to 2018 were analyzed. The statistical analysis was performed from the following tests: KPSS, Mann-Kendall and Box-Jenkins methodology. It was observed that in some years, rainfall occurred significantly above the average, as in the years of 1978, 1986, 2000, 2005 and in 2011, all being above 1,309 mm. The minimum rainfall series were recorded around 300 to 1,000 mm, with emphasis on the years 1995 to 2003, and more recently between 2014 and 2018. In view of the results obtained, it was concluded that the precipitation values predicted for the municipality of Vitória de Santo Antão - PE, for the next four years, are below average (1,309 mm).

**KEYWORDS:** Groundwater, salinity, geotechnology.

## 1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma sociedade está diretamente ligado ao clima predominante em sua região, muitas comunidades primitivas não prosperaram devido às condições climáticas e meteorológicas da localização em que estavam instaladas. Desde então, observou-se que aspectos físicos, geográficos e climáticos são extremamente importantes para o desenvolvimento socioeconômico de uma



região (SOUZA et. al., 2012).

O mundo está sendo afetado pelas mudanças climáticas regionais, que de forma paulatina vem aumentando a temperatura do ar, que consequentemente resulta em maiores taxas de evaporação, causa mudanças na circulação atmosférica, acelera o ciclo hidrológico, aumentando ou reduzindo a capacidade de armazenamento d'água que por sua vez afeta a disponibilidade e a qualidade desse recurso (ZHAO et al., 2013). Os aumentos das temperaturas decorrentes do aquecimento global, independentemente das mudanças ocorridas na precipitação, já é um fator relevante, pois seria capaz de aumentar a evaporação dos lagos e reservatórios, isto é, mesmo havendo um aumento no volume de chuvas, a água se tornaria um bem escasso, com rígidas consequências para a sustentabilidade e desenvolvimento mesmo que regional (MARENGO, 2010).

Segundo Souza e Azevedo (2012) as variabilidades climáticas exercem uma influência significativa sobre as atividades humanas, pois podem oscilar quanto à temperatura, precipitação e frequência de eventos extremos como: secas e chuvas intensas, resultando em impactos na agricultura, nos recursos hídricos, na saúde, sobre o meio ambiente, em escala local ou regional.

A precipitação e a temperatura são variáveis climáticas fundamentais para compreensão da dinâmica do meio físico dentro do ciclo hidrológico, o entendimento de seu comportamento sazonal e suas tendências pode ser uma estratégia para o planejamento do meio ambiente, geração de energia e agricultura. Essas mudanças nessas variáveis são consideradas como ameaças mais significativas à sobrevivência de vários ecossistemas, populações, as quais já estão sendo detectadas. Mudanças na temperatura e precipitação terão consequências drásticas nos recursos hídricos, afetando o consumo de água doce, geração de energia e agricultura (SILVA, 2005).

Segundo Silva et al. (2011) as irregularidades no regime pluviométrico são provocadas pelas mudanças da frequência e/ou intensidade dos eventos de precipitação. O melhor entendimento do comportamento da precipitação pluvial, com vistas ao seu aproveitamento máximo nas atividades as quais necessitam do uso da água, pode ser obtido com o estudo do número de dias de chuva.

O cenário climático brasileiro segue a mesma tendência do aquecimento global, em que as mudanças mais relevantes acontecem na temperatura e precipitação, modificações nos padrões de chuva e alterações na distribuição de extremos climáticos, ou seja, a distribuição se torna mais heterogênea, provocando eventos extremos (secas, enchentes ou inundações) (ASSIS et al., 2012). Ao longo do tempo é observado de acordo com Silva et al. (2016), que a variabilidade climática, dependendo da região, podem ocorrer alterações contínuas ou mesmo ciclos dos elementos climatológicos, a exemplo da temperatura e precipitação.

Nos últimos anos foram realizados alguns estudos a respeito da precipitação

de chuva em diferentes regiões do país, como o estudo de Marcuzzo et al. (2010) que analisou o Cerrado Mato-Grossense (MT), o de Malvestio (2007) que investigou o município de Campinas (SP) e o de Silva et al. (2011) no Nordeste brasileiro.

A região Nordeste do Brasil caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal da precipitação e dos processos de escoamento e erosão dos solos, como também pelo alto potencial para evaporação da água em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas durante todo o ano (SILVA et al., 2010). Observa-se uma grande variedade climática, podendo-se verificar desde o clima semiárido no interior da Região, com precipitação média total anual inferior a 500 mm/ano, até o clima tropical, observado principalmente na costa leste da Região, com precipitação acumulada anual superior a 1500 mm (SANTOS et al., 2013).

Utilizaremos a já consolidada metodologia Box e Jenkins (Box et al, 2015) com modelos do tipo ARIMA para previsão das séries temporais. A metodologia foi aplicada por Pereira et al (2015) para dados de precipitação e temperatura na cidade de Areira-PB, com resultados satisfatórios. Chechi e Sanches (2013) também a utilizaram com dados pluviométricos da cidade de Erechim-RS com a inclusão de covariáveis (temperatura máxima, mínima e Normal Climatológica de precipitação) em modelos do tipo SARIMAX. Lúcio et al (2010) comparou diferentes modelos para cidades em diferentes regiões do país e concluiu que as estimativas conseguidas tanto pelo Modelo de Alisamento Exponencial quanto o modelo Box-Jenkins são aceitáveis no âmbito meteorológico. O mesmo autor esteve presente no estudo de Camelo et al (2017) para previsão de velocidade do vento no Nordeste do Brasil, que combinou modelos do tipo ARIMA e Holt-Winters e Redes Neurais Artificiais, conseguindo uma boa redução das variáveis de erro com esses modelos híbridos.

O município de Vitória de Santo Antão está distante aproximadamente 51 km da capital, Recife, possui 129.974 habitantes distribuídos em uma área de 371,803 km<sup>2</sup> (CONDEPE/FIDEM, 2010). Está localizado na mesorregião Mata e na Microrregião Vitória de Santo Antão do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Glória do Goitá e Chã de Alegria, a sul com Primavera e Escada, a leste com Moreno, Cabo e São Lourenço da Mata, e a oeste com Pombos (CPRM, 2005).

O estudo é de fundamental relevância, pois os impactos das modificações climáticas sobre os recursos hídricos, é estratégico para a elaboração, implementação e fortalecimento de políticas públicas associadas ao gerenciamento dos recursos hídricos. Em especial, o município de Vitória de Santo Antão por ser um território que sofreu com enchentes no passado, ressalta-se os anos de 2005 e 2010.

Nesse sentido, o estudo pluviométrico deste território apresenta grande importância para o desenvolvimento e segurança do município. Assim, o estudo tem como objetivo modelar e prever a precipitação pluviométrica anual do município

de Vitória de Santo Antão - PE.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Vitória de Santo Antão está localizada a 51 km da capital de Pernambuco e pertence a mesorregião da Mata Pernambucana (Figura 1). A região é caracterizada pelo predomínio de pequenas propriedades rurais produtoras de hortaliças e estrutura familiar de produção, na qual a atividade de destaque é o cultivo de frutas, verduras e hortaliças, abastecendo não só o município como também a capital pernambucana e outras regiões (NORONHA, 2013).

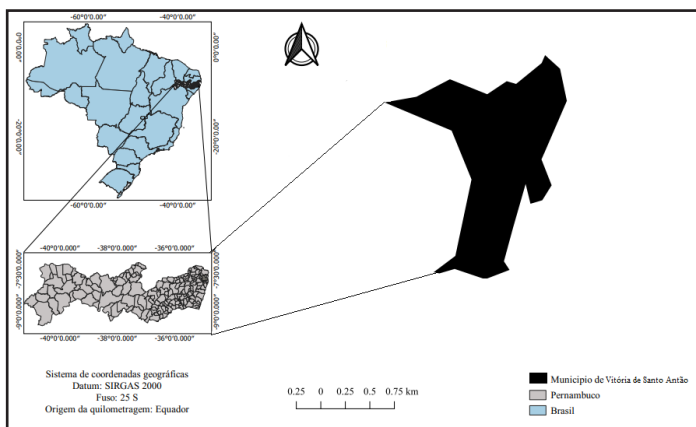


Figura 1: Mapa da Localização espacial do município de Vitória de Santo Antão do Brasil, com área de estudo entre os anos de 1970 a 2018.

Fonte: Próprio autor.

Os dados analisados são registros pluviométricos de posto de monitoramento (posto 26), localizado no município de Vitória de Santo Antão – PE. Foram analisados os valores anuais desse posto no período de 1970 a 2018. Os dados são provenientes do sistema de monitoramento pluviométrico da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC). Como houve uma lacuna de registro nos meses 10/1974, 10/1979, 06/1992, 07/1992, 08/1992, 10/1992, 11/1992, 12/1992, 12/1995, 12/2002, preenchemos com os dados da Agência Nacional de Águas (ANA), referente ao posto 835068, presente no mesmo município. Tal preenchimento fez-se necessário para se calcular mais precisamente a precipitação anual referente ao ano de 1992, que possuía muitas lacunas.

A região nordeste se posiciona numa área de transição entre os elevados totais anuais de precipitação da Região Amazônica, que ultrapassam a marca dos

3000 mm/ano, e a região central do Atlântico Sul, com totais anuais de precipitação sob o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul inferiores a 300 mm/ano. Assim, essa região recebe totais pluviométricos anuais entre 600 mm/ano na sua parte central a 1800+ mm/ano na porção amazônica do Maranhão, com totais entre 1200 a 1500 mm/ano na região do litoral (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2012).

A NEB caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal da precipitação e dos processos de escoamento e erosão dos solos, como também pelo alto potencial para evaporação da água em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas durante todo o ano (SCHMIDT et al., 2013).

A análise estatística foi realizada a partir dos seguintes testes: para estacionariedade foi utilizado o teste de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS), para tendência o teste de Mann-kendall e para a realização da previsão a metodologia de Box-Jenkins, tendo como modelo (ARIMA).

## 2.1 Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS)

O teste de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS, 1992) foi criado com o intuito de criar um contraponto aos tradicionais testes de raiz unitária em que a hipótese nula é de existência de raiz unitária. Nesse teste a hipótese nula é de que a série seja estacionária. Em sua versão mais simples supõe-se que:

$$y_t = d_t + \mu_t, \text{ e que } \Delta \mu_t \text{ é um } MA(1), \text{ isto é:}$$

$$\Delta \mu_t = (1 - \theta L)v_t, \text{ onde } v_t \text{ é estacionário.}$$

A hipótese nula é  $\theta = 1$  (e nesse caso  $\mu_t$  é estacionário, pois  $\mu_t = (v_t + \mu_0 - V_0)$ ). A hipótese alternativa é de que  $|\theta| < 1$ , já que neste caso  $\mu_t$  tem raiz unitária autorregressiva e portanto é não estacionária.

## 2.2 Mann-Kendall

O teste sequencial de Mann-Kendall (SNEYERS, 1975) é uma análise estatística não paramétrica que considera a hipótese de estabilidade de uma série temporal cuja sucessão de valores ocorre de forma independente e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples) (PINHEIRO et al., 2013).

Seja  $t_n = \sum_{i=1}^N m_i$ , em que,  $m_i$  = número de termos da série em relação a  $Y_i$ , cujos termos precedentes ( $j < i$ ) são inferiores ao mesmo tempo ( $Y_j < Y_i$ ). Para séries com grande número de termos ( $N$ ), sob a hipótese nula de ausências de tendências ( $H_0$ ),  $t_n$  apresentará uma distribuição normal com média e variância dada por:

$$E_{(t_n)} = \frac{N(N-1)}{N} \quad \text{e} \quad Var_{(t_n)} = \frac{N(N-1)(2N+5)}{72},$$

Testando a significância estatística de  $t_n$  para a hipótese nula, usando um

teste bilateral, esta pode ser rejeitada para grandes valores da estatística  $U(t_n)$ , fornecida pela equação:

$$U(t_n) = \frac{(t_n - E(t_n))}{(\text{var}(t_n))^{\frac{1}{2}}}$$

### 2.3 Box e Jenkins

Os modelos Box-Jenkins, genericamente conhecidos por ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) que em português é denominado de Autorregressivos Integrados de Médias Móveis. São modelos matemáticos que visam captar o comportamento da correlação seriada ou autocorrelação entre os valores da serie temporal, e, com base nesse comportamento, realizar previsões futuras (WERNER; RIBEIRO, 2003).

A estratégia utilizada para a construção de modelos, pela metodologia Box & Jenkins, é baseada no ciclo iterativo, Figura 2, no qual a estrutura do modelo é formada pelos próprios elementos da série.

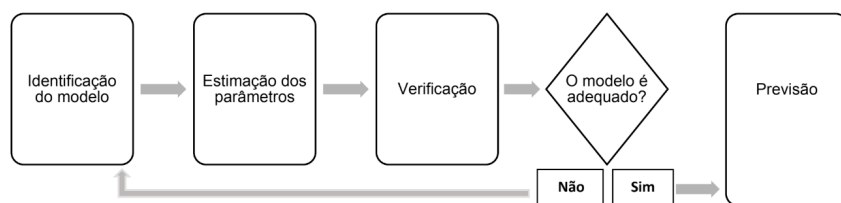


Figura 2. Fluxograma do ciclo iterativo de Box-Jenkins.

### 2.4 Critério de seleção

Ao se selecionar os modelos é preciso ter em mente que não existem modelos verdadeiros. Há apenas modelos aproximados da realidade que, causam perda de informações. Deste modo, é necessário fazer a seleção do “melhor” modelo, dentre aqueles que foram ajustados, para explicar o fenômeno sob o estudo. Akaike (1974) utilizou a Informação de Kullback-Leibler para testar se um dado modelo é adequado. Porém seu uso é limitado, pois depende da distribuição  $g$  (modelo verdadeiro), que é desconhecida.

Critério de Informação de Akaike (AIC), desenvolvido por Hirotugu Akaike sob o nome de “um critério de informação”.

$$AIC = n \log \log (\sigma^2) + 2k$$

O Critério de informação Bayesiano (BIC) (*Bayesian Information Criterion*)

onde esse critério é baseado no AIC.

$$BIC = -2\ln L + p\ln n$$

Onde  $L$  representa a função máxima de verossimilhança do modelo;  $n$  corresponde ao número de observações na amostra;  $p$  é o número de parâmetros a serem estipulado.

## 2.5 Função de Autocovariância – FAC

A função de autocovariância do processo do processo estocástico  $Z_{(w,t)}$ , representado por  $Y_k$  (ordem  $k$ ) é o momento central conjunto das variáveis aleatórias  $Z_t$  e  $Z_{t+k}$  e é calculada através da equação :

$$\hat{\gamma}_k = E[(Z_t - \mu(t))(Z_{t+k} - \mu(t+k))],$$

Em que:  $Z_t$  é a observação no instante  $t$  e  $\underline{Z}$  é a média da amostra. O estimador para a autocovariância é dado pela equação:

$$\hat{\gamma}_k = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \underline{Z})(Z_{t-k} - \underline{Z}),$$

## 2.6 Função de Autocorrelação Parcial (FACP)

Assim se define correlação entre  $Z_t$  e  $Z_{t-1}$ , removendo o efeito das variáveis  $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-k+1}$  essa medida, para séries estacionárias, é chamada a autocorrelação parcial até a posição  $k$  e será denotada por  $\phi_{kk}$ , se  $Z_t$  é uma série normalmente distribuída, ou seja,

$$\phi_{kk} = Corr \frac{(Z_t, Z_{t-k})}{(Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-k+1})},$$

em que  $\phi_{kk}$  é o coeficiente de correlação da distribuição de  $Z_t, Z_{t-k}$  condicional a  $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-k+1}$ .

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Na Figura 3, observa-se a precipitação anual (em mm) do posto em estudo no período de 1970 e 2018, realçando na cor azul e em sua variabilidade. Também se observa a precipitação anual média do mesmo período (1.051,7mm) para o posto analisado, representada pela cor vermelha.

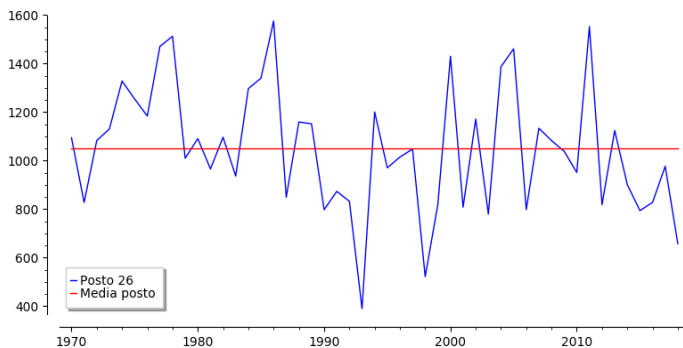


Figura 3. Precipitação anual e média de precipitação para Vitória de Santo Antão-PE.

No período em estudo (1970-2018) a precipitação média anual foi de 1.051,7mm. Assim, ainda de acordo com a Figura 3, observa-se que em alguns anos, ocorreram precipitações significativamente acima da média do período estudado, como no ano de 1978, 1986, 2000, 2005 e em 2011. Já as séries pluviométricas abaixo da média histórica foram registradas em torno de 389 a 1.000mm, com destaque para os anos de 1995 a 2001, e mais recentemente entre 2014 a 2018.

Um estudo realizado por Duarte (2011), com o objetivo de analisar a variabilidade no comportamento da precipitação pluviométrica no município de Vitória de Santo Antão, identificou que o ano de 1986 apresentou o maior total mensal de precipitação verificado na série estudada (1921-2007) e, após a década de 1970, houve um período consecutivo de treze anos de chuvas acima da média climatológica, o qual se mostrou bem correlacionado com a fase negativa do Dipolo do Oceano Atlântico Tropical.

O presente estudo não corrobora com os dados dos autores que identificaram a média da precipitação no ano de 1986 abaixo da média anual de precipitação no estudo de Silva et al. (2010). O ano de 1985 foi o ano de máxima precipitação anual no período tanto para o posto 26 quanto para o posto 835068 da ANA, também utilizado no mesmo estudo.

De acordo com Lacerda (2015) diversos fatores podem contribuir para explicar a alta variabilidade da precipitação sobre o Nordeste do Brasil, dentre eles a flutuação nos valores da Temperatura da Superfície do Mar do Oceano Pacífico Tropical e do Atlântico. O resultado referente à tendência da série temporal, através do teste de Mann Kendal, indica que durante o período observado há uma tendência estatisticamente significativa ( $p$ -valor = 0,04). Ou seja, as observações da série possuem tendência monotônica.

Para essa série temporal identificou-se a presença de tendência significativa negativa, o que converge com os resultados obtidos por Silva (2013) em que ao

averiguar 59 postos em Pernambuco (78,6%) apresentaram tendência e 13 postos (17,3%) apresentaram alguma tendência significativa; enquanto apenas 1 posto (1,3%) apresentou tendência significativa de aumento, ou seja, cerca de 93,9% dos postos apresentaram tendência significativa negativa, permitindo concluir que houve uma maior tendência de diminuição da precipitação total anual no Estado.

Na Figura 4 percebe-se que a série apresentou um comportamento senoidal ou exponencial amortecido, em seguida todos no intervalo de confiança. Construindo um intervalo em torno da estimativa pontual de modo que ele tenha uma probabilidade conhecida de conter o verdadeiro valor do parâmetro. Tipicamente as distribuições amostrais de estimadores dos parâmetros desconhecidos foram utilizadas.

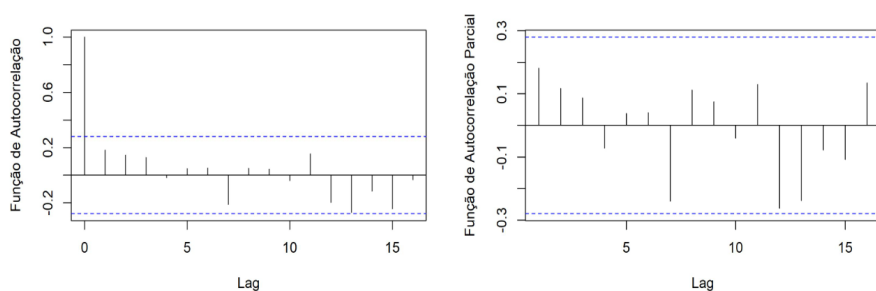


Figura 4. Padrões de comportamento dos gráficos dos correlogramas da FAC e da FACP.

Para a análise de séries temporais faz-se necessário verificar se a mesma é estacionária, assim foi escolhido o teste de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS, 1992), para analisar a estacionariedade. Considerando o nível de significância de 5%, a hipótese nula de estacionariedade é rejeitada ( $p\text{-valor}=0,01$ ).

A Tabela 1 demonstra os resultados só utilizados no modelo do critério de seleção Akaike (AIC) e de Informação Bayesiano BIC, levando em consideração os modelos dos resíduos da verossimilhança, tamanho da amostra, e número de parâmetros.

ARIMA (p,d,q)	AIC	BIC
(0,0,1)	695,8185	701,4940
(0,1,1)	684,1338	687,8762
(1,1,1)	685,5504	691,1640
(1,1,0)	692,5756	696,3180
(1,0,0)	695,5021	701,1775

Tabela 1. Comparativo entre os modelos desenvolvidos e as medidas de acurácia (AIC e BIC).



A respeito da comparação entre os critérios de seleção Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC), em busca do modelo mais parcimonioso, levando em consideração os modelos dos resíduos da verossimilhança, tamanho da amostra, e número de parâmetros. Os menores valores de (AIC) e (BIC), que define o modelo a ser ajustado. Desta forma, os modelos ARIMA (0,1,1) e ARIMA (1,1,1) mostraram-se mais parcimonioso.

A avaliação dos modelos foi realizada por meio da análise de resíduos, se o modelo estiver bem estimado, os resíduos serão estimados de ruído branco e, assim os coeficientes de autocorrelação dos resíduos devem ser estatisticamente iguais a zero. Na Figura 4 é possível ter a contemplação do diagnóstico do modelo ARIMA (0,1,1), para a série de precipitação, na qual se evidencia que as pressuposições dos resíduos do modelo atendeu as suposições de independência.

Além da análise do resíduo, verificou-se adequabilidade do modelo através do teste de Ljung-Box. Ambos modelos não rejeitaram a hipótese de bondade do ajuste, pois todos os p-valor são superiores a 5% (Figuras 5 e 6).

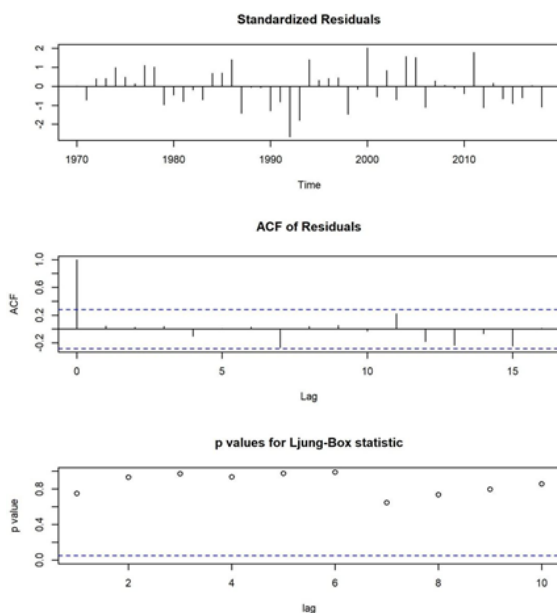


Figura 5. Diagnósticos dos modelos ARIMA (0,1,1) com os resíduos padronizados, função de autocorrelação e teste de Ljung-Box.

Na Figura 6 verifica-se a contemplação do diagnóstico do modelo ARIMA (1,1,1), para a série de precipitação, na qual se evidencia que a pressuposições dos resíduos do modelo atendeu as suposições de independência. Além da análise

do resíduo padronizado, verificou-se adequabilidade do modelo através do teste de Ljung-Box e função da autocorrelação. O modelo não rejeitou a hipótese de bondade do ajuste, pois todos os *p-valor* são superiores a 5%.

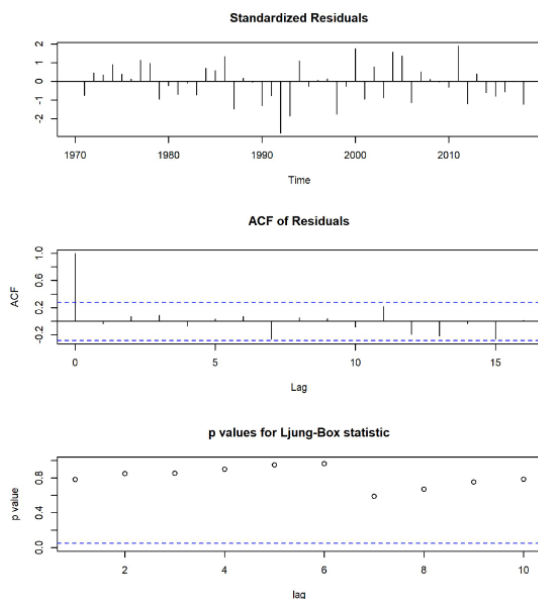


Figura 6. Diagnósticos dos modelos ARIMA (1,1,1) com os resíduos padronizados, função de autocorrelação e teste de Ljung-Box.

As previsões pluviométricas anuais dos modelos ajustados são apresentadas na Tabela 2. Os resultados obtidos apontam um período, os próximos quatro anos, com índice pluviométrico abaixo da média no município de Vitória de Santo Antão.

Anos	ARIMA(0,1,1)	ARIMA(1,1,1)
2020	909,00 mm	969,62 mm
2021	909,00 mm	976,57 mm
2022	909,00 mm	977,71 mm

Tabela 2. Previsão da precipitação anual dos modelos ajustados - Vitória de Santo Antão, Pernambuco.

#### 4 | CONCLUSÕES

Este estudo procedeu à caracterização e análise da evolução da precipitação, no município de Vitória de Santo Antão. Ambos modelos ARIMA (0,1,1) e ARIMA

(1,1,1) apresentaram bom ajuste aos dados de precipitação da série em estudo. Com os resultados apresentados, conclui-se que a precipitação prevista para o município de Vitória de Santo Antão – PE para os próximos três anos encontra-se próximo da média histórica do período 1970-2017.

Diante dos resultados obtidos e da estimativa de precipitação próximo da média para o município, é importante que em pesquisas futuras analisem-se também a vazão do rio Tapacurá, tendo em vista que o território analisado ser banhado pelo mesmo.

## AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), campus Recife, pelos conhecimentos e competências que facilitaram à pesquisa, com toda sua infraestrutura, ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada (PPGBEA) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), durante o período de doutoramento.

## REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control., Boston, v.19, n.6, p.716-723, Dec. 1974.

ASSIS, J. P. et al. Ajuste de séries históricas de temperatura e radiação solar global diária às funções densidade de probabilidade normal e log-normal, em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, n. 01, p. 113-121, 2004.

BOX, George EP et al. **Time series analysis: forecasting and control**. John Wiley & Sons, 2015.

CAMELO, Henrique do Nascimento et al. Time Series Forecasting Methods and Hybrid Modeling both Applied on Monthly Average Wind Speed for Regions of Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 565-574, 2017.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. A Questão da Água no Nordeste. Agência Nacional de Águas. Brasília: CGEE, 2012.

CHECHI, Leonardo; SANCHES, Fabio de Oliveira. Análise de uma série temporal de precipitação para Erechim (RS) e um possível método de previsão. **AMBIÊNCIA**, v. 9, n. 1, p. 43-55, 2013.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Vitória de Santo Antão, estado de Pernambuco**. Org. João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Julio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

DUARTE, C.C. Análise da variabilidade pluviométrica do Município de Vitória de Santo Antão-PE. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 4., 2011, João Pessoa. Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2011.

KWIATKOWSKI, D., PHILLIPS, P., SCHMIDT, P. E SHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. **Journal of Econometrics**, n. 54, p. 159-178, 1992.

LACERDA, F. F. 2015. 110 f. Tendências de temperatura e precipitação e cenários de mudanças climáticas de longo prazo no Nordeste do Brasil e em ilhas oceânicas. Tese (Doutorado em Engenharia de civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

LÚCIO, PAULO SÉRGIO et al. Um modelo estocástico combinado de previsão sazonal para a precipitação no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 70-87, 2010.

MALVESTIO, L. M.; NERY, J. T. Análise da precipitação pluvial do Município de Campinas (SP), em diferentes escalas. *Geografia*, v. 16, n. 1, p. 101-118, 2007.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. *Parcerias estratégicas*, v. 13, n. 27, p. 149–176, 2010.

MARCUZZO, F. F. N.; FARIA, T. G.; CARDOSO, M. R. D. Chuvas no Cerrado Mato-Grossense: Análise histórica e tendência futura.p. 1-10, 2010. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/1058>. Acesso em: 28 dez 2015.

NORONHA, E. A. P. Análise das potencialidades e vulnerabilidades socioambientais decorrentes do processo de expansão da industrialização no município de Vitória de Santo Antão-PE. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado Gestão e Desenvolvimento) - Universidade de Pernambuco, Recife, 2013.

PEREIRA, Alécio Rodrigues et al. Análise do comportamento das médias anuais da precipitação pluvial e temperatura da cidade de Areia, Paraíba. *Gaia Scientia*, v. 9, n. 1, 2015.

PINHEIRO, A.; GRACIANO, R.L.G.; SEVERO, D.L. Tendência das series temporais de precipitação da região sul do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.28 n.3, p.281-290, 2013.

SANTOS, P. V.; SANTOS, R. S.; COUTINHO, M. D. L. Detecção de Mudanças Climáticas Através de Índices Pluviométricos Diários no Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, n.4, p. 713-731, 2013b.

SCHMIDT, D. M.; MATTO, A. Dinâmica dos regimes de precipitação e vazão da bacia hidrográfica do Alto Piranhas-Açu / PB. *Sociedade e Território*, Natal, v. 25, n. 2, p. 67-77, 2013.

SILVA, F. B.; SANTOS, J. R. N.; FEITOSA, F. E. C. S.; SILVA, I. D. C.; DE, M. L. S.; GUTERRES, C. E.; SANTOS, J. S. d.; RIBEIRO, C. V.; BEZERRA, D. d. S.; NERES, R. L. Evidências de mudanças climáticas na região de transição amazônia-cerrado no estado do maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, scielo, v. 31, p. 330 – 336, 09 2016.

SILVA, J. B. da; LLOPART, M. P.; BOIASKI, N. Temperatura máxima do ar em Pelotas, RS - Tabelas de probabilidades em escalas de tempo pentadal. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.02, 267-276, 2005.

SILVA, R. M.; SILVA, L. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS C. A. G. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na bacia do rio Tapacurá, Pernambuco. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 22, v. 2, p. 357-372, 2010.

SILVA, R. O. B. **Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica no estado de Pernambuco**. 97 f. 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; PEDRO V. DE AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. A. S; SOUSA, F. I. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.2, p.131–138, 2011.

SNEYERS, R. **Sur L'analyse Statistique des Seriesd' Observations**. Secretariat de l'Org Meteorologique Mondiale, 1975. 415 p.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Índice de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p.320- 331, 2012.

WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box-Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. *Gestão e produção*, v.10, n.1, p.47-67,2003.

ZHAO, G.; MU, X.; TIAN, P.; WANG, F.; GAO, P. Climate changes and their impacts on water resources in semiarid regions: a case study of the wei river basin, china. **Hydrological Processes**, v. 27, n. 26, p. 3852–3863, 2013. ISSN 1099-1085.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento de água 58, 71, 73, 84, 91, 92

Água 2, 3, 4, 6, 13, 16, 18, 23, 34, 36, 39, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 98, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 112, 113

Água bruta 73

Água doce 3, 51, 53, 58

Água do mar 65, 66, 67

Água potável 36, 58, 63, 65, 67, 71, 72, 74, 83, 88

Águas cinza 94

Águas negras 93, 94, 95, 97, 101

Águas subterrâneas 43, 44, 45, 47, 49

Amostras 49, 57, 59, 60, 61, 62, 64, 68, 89, 110, 112, 113

Aumento populacional 87

### B

Bactérias 34, 42, 65, 96, 103, 108

### C

Chuva 3, 4, 16, 17, 18, 19, 66, 67

Condutividade elétrica 43, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61

Consumo humano 48, 58, 62, 64, 65, 68, 69, 72, 73, 84, 85

### D

Dureza total 57, 58, 59, 63

### E

Educação ambiental 93, 95, 99, 100, 101, 116

Efluente 37, 93, 94, 96

Esgoto 34, 36, 37, 40, 42, 93, 94, 95, 101, 103, 116

Esgotos domiciliares 94

Estação de tratamento de água 71, 73, 74, 84, 85

Estação de tratamento de esgoto 116

### F

Fungos 108, 112, 113, 114

## **G**

Glicerina 104, 105

Gorduras 103, 104, 105, 106, 114

## **H**

Hidrômetro 88, 90, 91

## **I**

Impactos ambientais 36, 42, 102, 113

Íons cloretos 57, 58, 68

## **L**

Lagos 3, 36

Lixiviação 47

## **M**

Macromedição 88

Meio ambiente 3, 35, 36, 37, 39, 42, 47, 55, 68, 84, 87, 93, 99, 101, 102, 103, 112

Micromedição 88, 90

Município 1, 2, 4, 5, 9, 12, 13, 14, 16, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 33, 37, 41, 42, 57, 58, 63, 67, 68, 69, 71, 73, 75, 85, 88, 89, 91

## **O**

Óleos 103, 104, 105, 106, 114

## **P**

Potencial hidrogeniônico 58, 59, 64, 108, 109

Precipitação pluviométrica 1, 2, 4, 9, 15, 16, 31, 45

## **R**

Recurso natural 58

Recursos hídricos 3, 4, 15, 17, 31, 32, 47, 48, 55, 84, 87

Resíduos sólidos 34, 36, 39, 41, 53, 99

Rios 23, 36, 54, 65, 67

## **S**

Sabão 63, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

Salinidade 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 69

Saneamento 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 58, 64, 69, 84, 92, 94, 101  
Saponificação 102, 103, 104, 105, 114  
Saúde populacional 38  
Semiárido 4, 14, 43, 44, 45, 47, 52, 55  
Sistemas de mananciais 58  
Sólidos totais dissolvidos 57, 58, 59, 61, 62

## **T**

Tanque de evapotranspiração 93, 101  
Tratamento de esgoto 36, 40, 94, 95, 101, 116  
Turbidez 47, 57, 58, 59, 62, 63, 69



# TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

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

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

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

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

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

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 