

**HELENTON CARLOS DA SILVA  
(ORGANIZADOR)**

**GESTÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS E  
SUSTENTABILIDADE 4**



**Helenton Carlos da Silva**

(Organizador)

# **Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade**

**4**

**Atena Editora**

**2019**

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
G393	Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 4 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v. 4)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-668-3 DOI 10.22533/at.ed.683192709  1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série.  CDD 343.81
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 48 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da sustentabilidade e dos recursos hídricos brasileiros.

A busca por fontes alternativas de água têm se tornado uma prática cada vez mais necessária, como uma alternativa socioambiental responsável, no sentido de reduzir a demanda exclusiva sobre os mananciais superficiais e subterrâneos, tendo em vista que o intenso processo de urbanização tem trazido efeitos negativos aos recursos hídricos, em sua dinâmica e qualidade.

As águas subterrâneas representam água doce de fácil acesso, e muitas vezes, as únicas opções para abastecimento de água potável. Em geral, possuem melhor qualidade devido às interações com o solo durante a percolação. Porém, em áreas urbanas, diversas atividades comprometem sua qualidade e demanda, como instalação de fossas negras, esgotos domésticos sem tratamento ou com tratamento inadequado, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização de zonas de recarga, armazenamento de produtos perigosos em tanques subterrâneos ou aéreos sem bacia de contenção, dentre outros.

O estudo das águas subterrâneas, com a globalização, assume uma importância cada vez mais expressiva, visto que é entendido como um instrumento capaz de prover solução para os problemas de suprimento hídrico. Através de determinadas ferramentas é possível sintetizar o espaço geográfico e aprimorar o estudo deste recurso.

Tem-se ainda a infiltração de água no solo, que pode ser definida como o processo com que a água infiltra na superfície para o interior do solo, podendo ser definida como o fenômeno de penetração da água e redistribuição através dos poros ao longo do perfil. A vegetação possui efeito na dinâmica de umidade do solo, tanto diretamente como através da interação com outros fatores do solo.

Dentro deste contexto podemos destacar o alto consumo de água em edificações públicas, em razão da falta de gestão específica sobre o assunto, onde a ausência de monitoramento, de manutenção e de conscientização dos usuários são os principais fatores que contribuem para o excesso de desperdício. Faz-se necessária, então, a investigação do consumo real de água nos prédios públicos, mais precisamente os de atendimento direto aos cidadãos, efetuando-se a comparação do consumo teórico da população atendida (elaborado no projeto da edificação) com o consumo real, considerando o tempo médio de permanência desse público no imóvel, bem como as peculiaridades de cada atendimento, tendo como exemplo o acompanhante da pessoa atendida, bem como casos de perícia médica.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos recursos hídricos brasileiros, compreendendo a gestão destes recursos, com base no reaproveitamento e na correta utilização dos mesmos. A importância dos estudos

dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

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

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

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
QUALIDADE DA ÁGUA E PERCEPÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO	
Karina Ribeiro da Silva Maria Hortência Rodrigues Lima Thiago Herbert Santos Oliveira Wendel de Melo Massaranduba Weslei Almeida Santos Antenor de Oliveira Aguiar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6831927091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ANALÍTICAS PARA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE CULTIVARES DE CAMARÃO NA REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO	
Gustavo Andrade Araujo Oliveira Igor Santos Silva José Augusto Oliveira Junior Cristiane da Cunha Nascimento Marcos Vinicius Teles Gomes Carlos Alexandre Borges Garcia Silvânio Silvério Lopes da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6831927092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>18</b>
ESTIMATIVA DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA DA ÁGUA NO SOLO, PEDRINHAS-SE	
Thassio Monteiro Menezes da Silva Frankilin Santos Modesto Camila Conceição dos Santos Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6831927093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>24</b>
SALINIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO CARIRA: UMA AVALIAÇÃO GEOQUÍMICA USANDO RAZÕES IÔNICAS	
Eveline Leal da Silva Adnivia Santos Costa Monteiro Lucas Cruz Fonseca Lúcia Calumby Barreto Macedo José do Patrocínio Hora Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6831927094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>31</b>
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO AMORTECIMENTO DE ONDAS EM RESERVATÓRIO DE BARRAGENS	
Adriana Silveira Vieira Germano de Oliveira Mattosinho Geraldo de Freitas Maciel,	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6831927095</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>40</b>
<b>AValiação de Barragens Subterrâneas em Pernambuco</b>	
Edmilton Queiroz de Sousa Júnior	
Eronildo Luiz da Silva Filho	
José Almir Cirilo	
Luciano Barbosa Lira	
Thaise Suanne Guimarães Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6831927096</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>49</b>
<b>PANORAMA DE RISCOS DAS BARRAGENS NO ESTADO DE SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL</b>	
Jean Henrique Menezes Nascimento	
Pedro Henrique Carvalho de Azevedo	
Allana Karla Costa Alves	
Lucivaldo de Jesus Teixeira	
Gabriela Macêdo Aretakis de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6831927097</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>58</b>
<b>OS REFLEXOS DA ATUAL CRISE HÍDRICA NA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA – CAGEPA: AÇÕES PARA REDUÇÃO DE PERDAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CAMPINA GRANDE</b>	
Ronaldo Amâncio Meneses	
José Augusto de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6831927098</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>68</b>
<b>MONITORAMENTO DE SECAS NO NORDESTE DO BRASIL</b>	
Marcos Airton de Sousa Freitas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6831927099</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>77</b>
<b>SOFTWARE PARA DIMENSIONAMENTO DE DIÂMETROS EM ESTAÇÃO ELEVATÓRIA</b>	
Andréa Monteiro Machado	
Leonardo Pereira Lapa	
Paulo Eduardo Silva Martins	
Nayára Bezerra Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270910</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>84</b>
<b>DEFINIÇÕES E CONCEITOS RELATIVOS À LMEO E À DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTES COM FUNÇÃO HÍDRICA À LUZ DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO</b>	
Marcos Airton de Sousa Freitas	
Sandra Regina Afonso	
Márcio Antônio Sousa da Rocha Freitas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270911</b>	



<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>94</b>
DINÂMICA DA UMIDADE E SALINIDADE EM VALE ALUVIAL NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO	
Liliane da Cruz Pinheiro Abelardo Antônio Assunção Montenegro Adriana Guedes Magalhães Thayná Alice Brito Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270912</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>104</b>
URBANIZAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DE PAISAGENS HÍDRICAS EM JUIZ DE FORA/ MG – 1883/1893	
Pedro José de Oliveira Machado Flávio Augusto Sousa Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270913</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>116</b>
(IN)SUSTENTABILIDADE DA PESCA ARTESANAL DE ÁGUA DOCE NO BAIXO SÃO FRANCISCO EM SERGIPE/ALAGOAS/BRASIL	
Sergio Silva de Araujo Gregório Guirado Faccioli Antenor de Oliveira Aguiar Netto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270914</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>133</b>
IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DO COMPORTAMENTO DA CLOROFILA-A EM UM SISTEMA ESTUARINO LAGUNAR A PARTIR DE IMAGENS MODIS	
Regina Camara Lins Jean-Michel Martinez David M. L. da Motta Marques José Almir Cirilo Carlos Ruberto Fragoso Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270915</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>146</b>
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM ARGISSOLO VERMELHO AMARELO SUBMETIDO A USOS AGRÍCOLAS DISTINTOS	
Wallace Melo dos Santos Wendel de Melo Massaranduba Dayanara Mendonça Santos Thiago Herbert Santos Oliveira Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas Marcus Aurélio Soares Cruz Maria Isidória Silva Gonzaga	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270916</b>	

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>157</b>
SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DAS PROPRIEDADES FOTOCATALÍTICAS DE MICROCRISTAIS DE B-AG <sub>2</sub> MOO <sub>4</sub> PARA DEGRADAÇÃO DE POLUENTES ORGÂNICOS	
Giancarlo da Silva Sousa Francisco Xavier Nobre Edgar Alves Araújo Júnior Marcel Leiner de Sá Jairo dos Santos Trindade Maria Rita de Moraes Chaves Santos José Milton Elias de Matos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>169</b>
UTILIZAÇÃO DE JUNTA TRAVADA COMO ALTERNATIVA EM SUBSTITUIÇÃO A ANCORAGENS CONVENCIONAIS NA ADUTORA DE SERRO AZUL EM PERNAMBUCO, EM PROL DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	
Nyadja Menezes Rodrigues Ramos Glécio Francisco Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>179</b>
COMPOSIÇÃO SAZONAL DE JUVENIS DO CAMARÃO-ROSA <i>Farfantepenaeus subtilis</i> (PÉREZ-FARFANTE, 1967) CAPTURADO EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO	
Thayanne Cristine Caetano de Carvalho Alex Ribeiro dos Reis Alvaro José Reis Ramos Antônio Sérgio Silva de Carvalho Glauber David Almeida Palheta Nuno Filipe Alves Correia de Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270919</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>191</b>
FOTODEGRADAÇÃO DO HERBICIDA ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO (2,4-D) A PARTIR DE NANOESTRUTURAS DE TITÂNIO MODIFICADAS COM ESTANHO	
Ludyane Nascimento Costa José Milton Elias de Matos Aline Aparecida Carvalho França Marcel Leiner de Sá	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270920</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>202</b>
PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO ( <i>Capsicum annuum</i> L.) COM ÁGUA CONDENSADA POR APARELHOS DE AR CONDICIONADO	
Elvis Pantaleão Ferreira Victorio Birchler Tonini Marcelino Krause Ianke Lillya Mattedi Adrielli Ramos Locatelli Rodrigo Junior Nandorf Pablo Becalli Pacheco	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270921</b>	

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>209</b>
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE METAIS DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR UM LIXÃO DESATIVADO EM CRUSTÁCEOS DA ESPÉCIE <i>Aegla jarai</i>	
Vitor Rodolfo Becegato	
Indianara Fernanda Barcarolli	
Valter Antonio Becegato	
Darluci Picolli	
Flávia Corrêa Ramos	
Alexandre Tadeu Paulino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270922</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>230</b>
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS E CONCENTRAÇÃO DE FERRO EM ÁREAS RURAIS COM INTENSA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA NO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO-SC	
Daniely Neckel Rosini	
Valter Antonio Becegato	
Pâmela Becali Vilela	
Amanda Dalalibera	
Jordana dos Anjos Xavier	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>244</b>
DESSALINIZAÇÃO MARINHA E SUAS PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA	
Camila Santiago Martins Bernardini	
Carlos de Araújo Farrapeira Neto	
Fernando José Araújo da Silva	
Ingrid Fernandes de Oliveira Alencar	
Raquel Jucá de Moraes Sales	
Luciana de Souza Toniolli	
Leonardo Schramm Feitosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270924</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>254</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>255</b>

## MONITORAMENTO DE SECAS NO NORDESTE DO BRASIL

### Marcos Airton de Sousa Freitas

Prof. Univ., Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas - ANA, Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Bloco L, 70610-200, Brasília – DF.

**RESUMO:** É de suma importância dispor-se para os estados do Nordeste do Brasil, de instrumental de auxílio à tomada de decisões visando à redução de riscos de desastres relacionados aos eventos hidrometeorológicos extremos, como as secas. Nesse sentido, aplicou-se à diversos Estados do Nordeste do Brasil três índices, a saber: o RAI (Rainfall Anomaly Index), o BMDI (Bhalme & Mooley Drought Index) e o LRDÍ (Lamb Rainfall Departure Index). Uma vantagem prática no uso desses índices é o acompanhamento mensal ou anual, dependendo da disponibilidade dos dados, do grau de severidade e duração dos períodos secos, permitindo, com isso, tomar medidas efetivas e em tempo hábil, objetivando mitigar os impactos decorrentes desses eventos extremos.

**PALAVRAS-CHAVE:** índices de secas, secas, Nordeste do Brasil.

### DROUGHT MONITORING IN THE NORTHEAST OF BRAZIL

**ABSTRACT:** It is extremely important to have

instrumental aid to decision making in order to reduce disaster risks related to extreme hydrometeorological events such as drought. In this sense, several indexes have been applied to several States of the Northeast Brazil, so that different mitigating actions could be implemented in accordance with the values achieved by these parameters. The following meteorological indices were used: the RAI (Rainfall Anomaly Index), the BMDI (Bhalme & Mooley Drought Index) and LRDÍ (Lamb Rainfall Departure Index). A practical advantage in using these indices is the monthly monitoring of the degree of severity and duration of dry periods, in order to mitigate the impacts caused by these extreme events.

**KEYWORDS:** drought index, drought, Northeast Brazil

## 1 | INTRODUÇÃO

A precipitação e seus valores extremos (cheias e secas), no Nordeste do Brasil é, em parte, dependente dos fenômenos climáticos globais, como, por exemplos, a Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCTI), o El Niño, a Oscilação Sul, o Dipolo do Atlântico e outros (Freitas, 2010). As secas se diferenciam nitidamente das demais catástrofes naturais. Ao contrário de outras ocorrências naturais

como cheias, furacões e terremotos, que iniciam e terminam repentinamente, além de se restringirem, normalmente, a uma pequena região, o fenômeno das secas tem, quase sempre, um início lento, uma longa duração e espalha-se, na maioria das vezes, por uma extensa área.

De acordo com Martins et al. (2013), a variabilidade climática presente da Região Nordeste já impõe grandes desafios à gestão dos recursos hídricos. Entretanto, as projeções das mudanças de clima, por sua vez, indicam que este quadro pode se agravar para a região. A utilização desta informação para o planejamento do setor ainda se constitui um desafio, seja pela ausência de ferramental teórico ainda não totalmente desenvolvido, seja pela necessidade de estudos específicos para a bacia ou região de interesse.

Na Gestão de Recursos Hídricos em regiões semiáridas, a exemplo do Nordeste do Brasil, é de suma importância dispor-se de instrumental prático de auxílio à tomada de decisões, notadamente nos períodos de secas. Freitas (1996) propôs a implementação de um Sistema de Suporte à Decisão para o monitoramento de secas para o semiárido brasileiro, considerando-se os índices meteorológicos. Diversos índices foram adaptados e incorporados a um sistema de acompanhamento das características básicas dos períodos de seca, quais sejam, duração, severidade e intensidade, de modo que diferenciadas ações mitigadoras pudessem ser de fato implementadas, de acordo com os valores atingidos por esses parâmetros. No monitoramento da seca na região, os seguintes índices foram empregados: o RAI (Rainfall Anomaly Index), o BMDI (Bhalme & Mooley Drought Index), bem como o LARDI (Lamb Rainfall Departure Index).

## **2 | GESTÃO DE RISCOS DE SECAS**

Dentre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, instituída pela Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, encontra-se em seu Art. 2º, § III, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Na Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, a qual dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, confirmar em seu Art. 4º que, a atuação da ANA obedecerá aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos dessa Política Nacional, cabendo-lhe, dentre outras atividades, a de planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios.

O Decreto nº 7.257, de 4 de agosto de 2010, que tem como finalidade regulamentar

a Medida Provisória nº 494 de 2 de julho de 2010, dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, sobre o reconhecimento de situação de emergência e estado de calamidade pública. Em seu Art. 5º § 6º, estabelece que “para coordenar e integrar as ações do SINDEC em todo o território nacional, a Secretaria Nacional de Defesa Civil manterá um centro nacional de gerenciamento de riscos e desastres, com a finalidade de agilizar as ações de resposta, monitorar desastres, riscos e ameaças de maior prevalência”.

Conforme UNISDR (2004), desastre é definido como “evento que possa causar danos físicos, fenômeno ou atividade humana que pode causar a perda de vidas ou ferimentos, danos à propriedade, rupturas sociais e econômicas ou degradação ambiental”. Desastres podem incluir condições latentes, que podem representar ameaças futuras e pode ter diferentes origens: natural (geológica, hidrometeorológica e biológica) ou induzida por processos humanos (degradação ambiental e desastres tecnológicos). A Redução do Risco de Desastres (DRR) inclui todas as políticas, estratégias e medidas que podem tornar as pessoas, vilas, cidades e países mais resistentes a riscos e reduzir o risco e a vulnerabilidade aos desastres, a saber: prevenção; mitigação; preparação; recuperação e reconstrução (UNISDR, 2004).

Dentre essas atividades cabe aqui ressaltar o monitoramento de secas, tendo como incerteza nesse processo: a identificação dos índices de secas; coleta, processamento e transmissão dos dados e as incertezas operacionais. Como riscos envolvidos podem ser citados: parâmetros (índices) de monitoramento inadequados; falta de recursos financeiros; identificar e aperfeiçoar índices adequados à região; aprimorar sistemas de informações e banco de dados; elaborar mapas de vulnerabilidade e de riscos (Freitas, 2010). Objetiva-se com esse artigo suprir algumas dessas deficiências.

### **3 | ÍNDICES DE SECAS**

No monitoramento de secas são usados, normalmente, índices como medida da severidade de um período seco. De acordo com sua formulação os índices podem ser classificados em meteorológicos, hidrológicos e agrícolas. Embora a precipitação seja um fator importante, o clima de uma determinada região não deve ser classificado em seco ou úmido com base apenas nas séries de precipitação. A evapotranspiração desempenha, particularmente em regiões semiáridas como o Nordeste do Brasil, um papel fundamental. Além disso, precipitação e evapotranspiração provêm de causas meteorológicas distintas. É mister observar se a precipitação é maior ou menor do que a evapotranspiração, dentre vários outros aspectos. A seguir, diversos índices são investigados com o intuito de determinar a possibilidade de suas aplicações práticas em um sistema de monitoramento de secas no Nordeste do Brasil.

## Rainfall Anomaly Index (RAI)

Freitas (1999) implementou e aplicou o Rainfall Anomaly Index (RAI) pioneiramente no Brasil, incorporando-o a um sistema de monitoramento de gestão de secas (Freitas, 1998; Freitas, 2005). Para tornar o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação ROOY (1965) apresentou o índice a seguir:

$$RAI = 3 * \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas}$$

$$RAI = 3 * \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias negativas}$$

Sendo:  $N$  = precipitação mensal atual;  $\bar{N}$  = precipitação média mensal da série histórica;  $\bar{M}$  = média das dez maiores precipitações mensais da série histórica; e  $\bar{X}$  = média das dez menores precipitações mensais da série histórica.

A Figura 1 apresenta a aplicação desse índice para dois postos pluviométricos do Estado do Rio Grande do Norte. Com base nesse índice é possível fazer uma comparação das condições atuais de precipitação em relação aos valores históricos. Ele serve ainda para avaliar a distribuição espacial de uma seca, consoante sua intensidade.

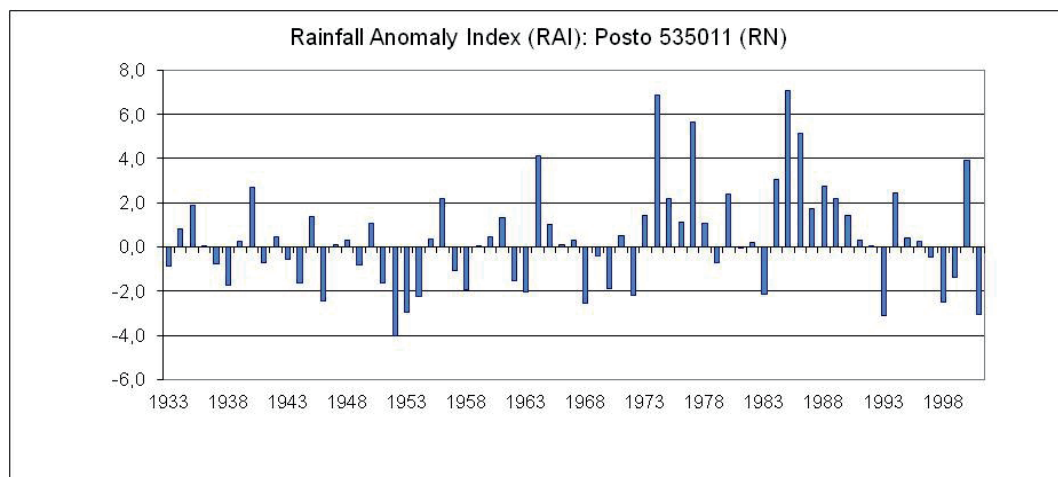
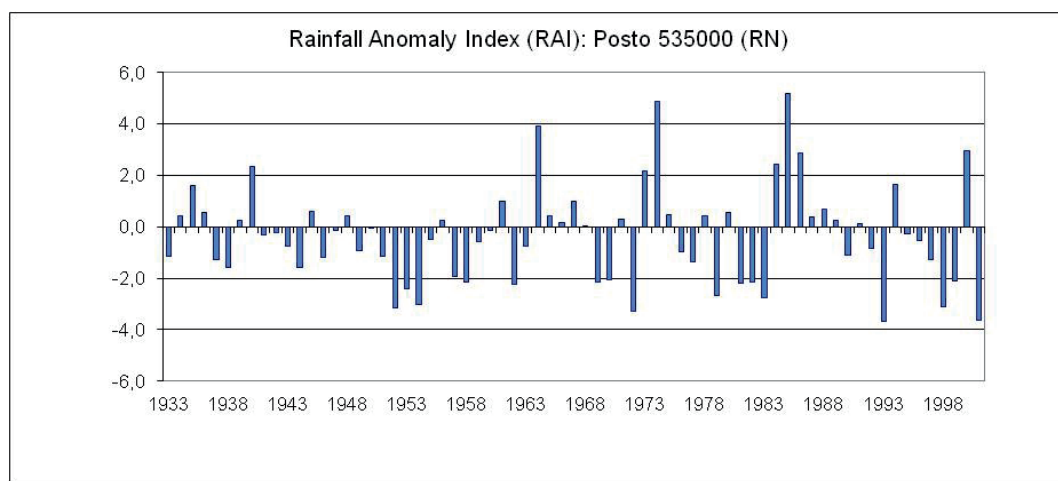


Figura 1: Rainfall Anomaly Index (RAI) para dois postos pluviométricos do Estado do Rio Grande do Norte.

## Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI)

PALMER (1965) apresentou um procedimento de balanço de água, que ficou depois conhecido como Palmer Drought Severity Index (PDSI), para a região semi-árida do oeste do Estado do Kansas e para a região sub-úmida de Iowa, nos Estados Unidos. O PDSI é calculado tendo como base os dados de evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial eventual etc. e expressa uma medida para a diferença acumulada entre a precipitação normal e a precipitação necessária à evapotranspiração. Essa análise é feita em nível semanal ou mensal. Resulta desse procedimento um índice que varia de -4 (secas extremas), passando por zero (condições normais) a +4 (períodos muito úmidos).

ALLEY (1984) e GUTTMAN (1991) demonstraram que o PDSI não era um bom indicador das condições de umidade, particularmente, nos períodos secos. Outra desvantagem do PDSI resulta do fato de que a regularização da vazão superficial não é considerada. Em um estudo nas regiões tropicais da Índia, BHALME & MOOLEY (1979, 1980) evidenciaram esses problemas. Propuseram, então, uma modificação do índice original, de modo a incorporar as condições climáticas vigentes na Índia. Tal índice ficou conhecido por Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI). Apresenta-se aqui a aplicação desse novo índice para o Estado do Rio Grande do Norte.

Devido ao fato de esse índice apresentar tanto valores positivos quanto negativos ele pode ser utilizado na avaliação de períodos de secas e de cheias. O valor médio para o 1º semestre do ano, aplicado aos postos do Rio Grande do Norte (1931-2000) é mostrado na figura 2, aos do Estado da Paraíba (Figura 3), Piauí (Figura 4), Pernambuco (Figura 5) e Sergipe (Figura 6). O valor atual, mensal, acumulado do BMDI durante o período de crescimento das culturas ou do período chuvoso (janeiro a junho) pode ser, então, comparado com os valores históricos da região, de modo a se ter um controle permanente da condição de umidade.

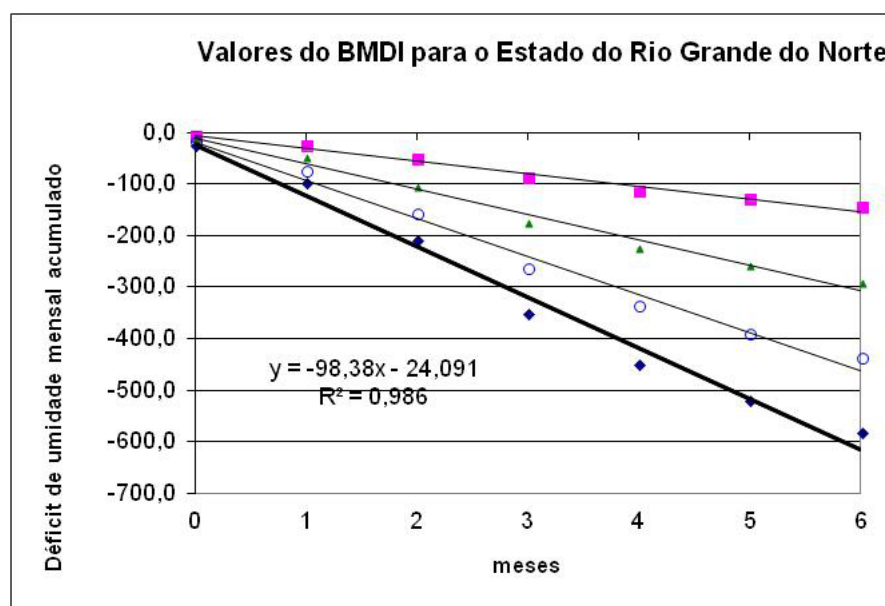


Figura 2: Valores de BMDI para o Estado do Rio Grande do Norte



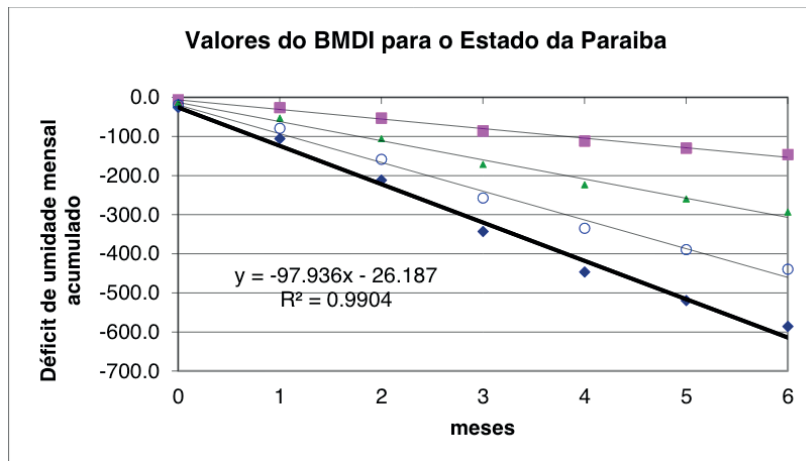


Figura 3: Valores de BMDI para o Estado da Paraíba

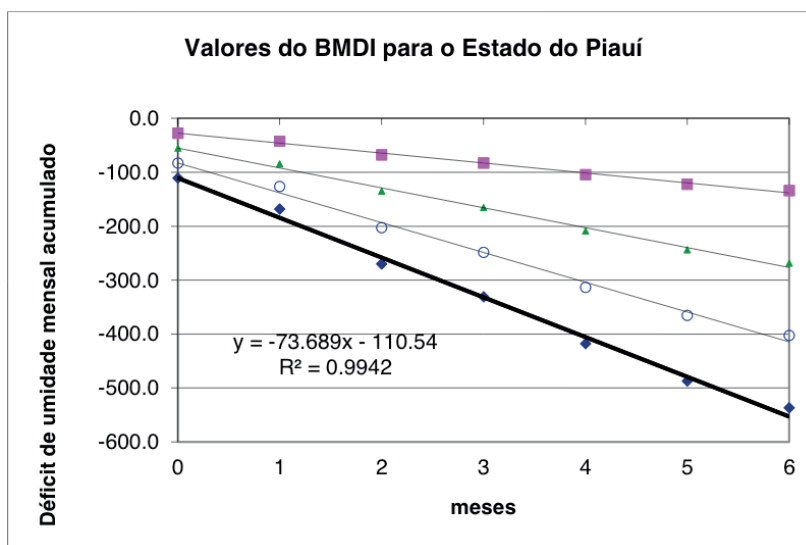


Figura 4: Valores de BMDI para o Estado do Piauí

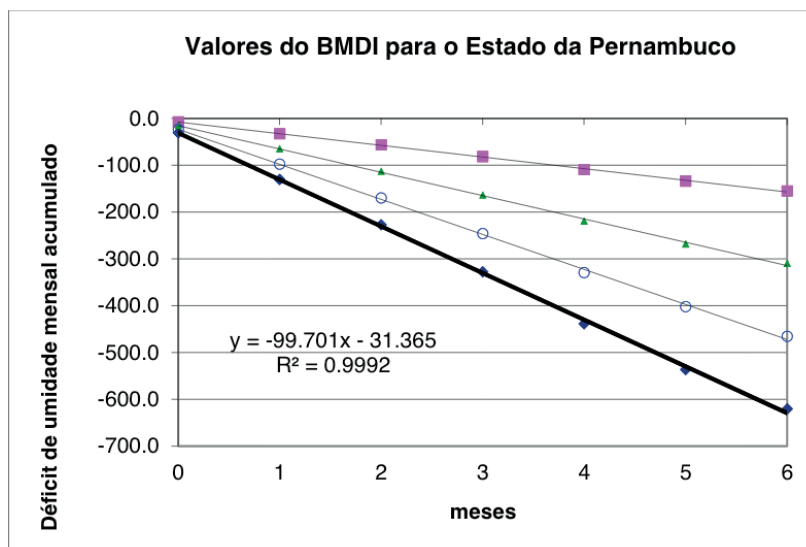


Figura 5: Valores de BMDI para o Estado de Pernambuco

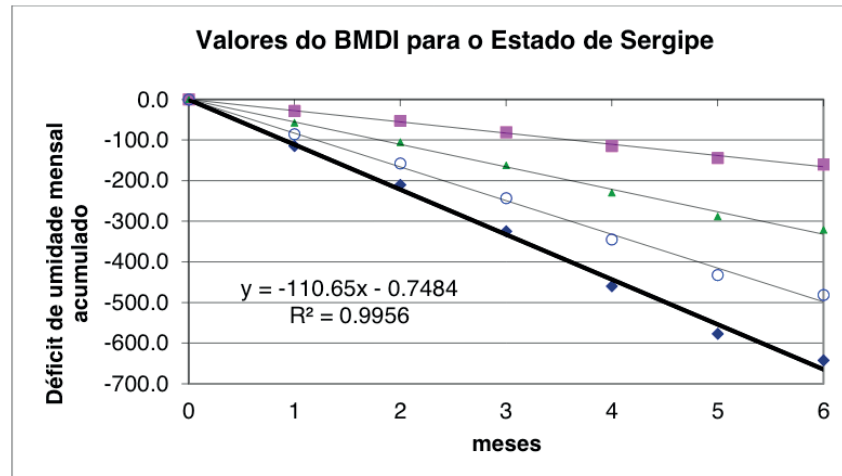


Figura 6: Valores de BMDI para o Estado de Sergipe

### Lamb Rainfall Departure Index (LRDI):

O cálculo desse índice (LAMB et al., 1986) consiste de um procedimento de normalização, através do qual os desvios médios da precipitação de diversos postos de uma dada região são agrupados na determinação de um índice único, dado por:

$$LRDI = \frac{1}{t_j} \sum_{t=1}^{t_j} \frac{N_{i,j} - \bar{N}_i}{S_j}$$

sendo  $N_{ij}$  = precipitação no ano j do posto i;  $N_i$  = precipitação média anual do posto i;  $S_i$  = desvio padrão da precipitação anual do posto i; e  $t_j$  = número de postos com precipitação no ano j.

Uma vantagem capital desse método é que todas as séries de precipitação, as quais normalmente apresentam muitas falhas, podem ser assim mesmas usadas na determinação de um índice regional. A figura 7 apresenta o resultado da precipitação dessa metodologia aos postos pluviométricos analisados, no período de 1931-2000, no Estado do Rio Grande do Norte.

## 4 | CONCLUSÕES

Diversos índices meteorológicos - RAI (Rainfall Anomaly Index), BMDI (Bhalme & Mooley Drought Index) e LRDI (Lamb Rainfall Departure Index) - foram modificados e incorporados a um Sistema de Suporte à Decisão (SSD) para o acompanhamento das características básicas dos períodos de seca, quais sejam, duração, severidade e intensidade, de modo que diferenciadas ações mitigadoras pudessem ser de fato implementadas, de acordo com os valores atingidos por esses parâmetros. Uma vantagem crucial no uso desses índices é o acompanhamento quase simultâneo do grau de severidade e duração dos períodos secos, permitindo, que se tomem medidas efetivas e em tempo hábil, objetivando minorar os impactos ocasionados

por uma seca. Recomenda-se a aplicação dessa metodologia a todos os postos pluviométricos do semiárido do Brasil resultando, com isso, numa melhor distribuição espacial desses valores.

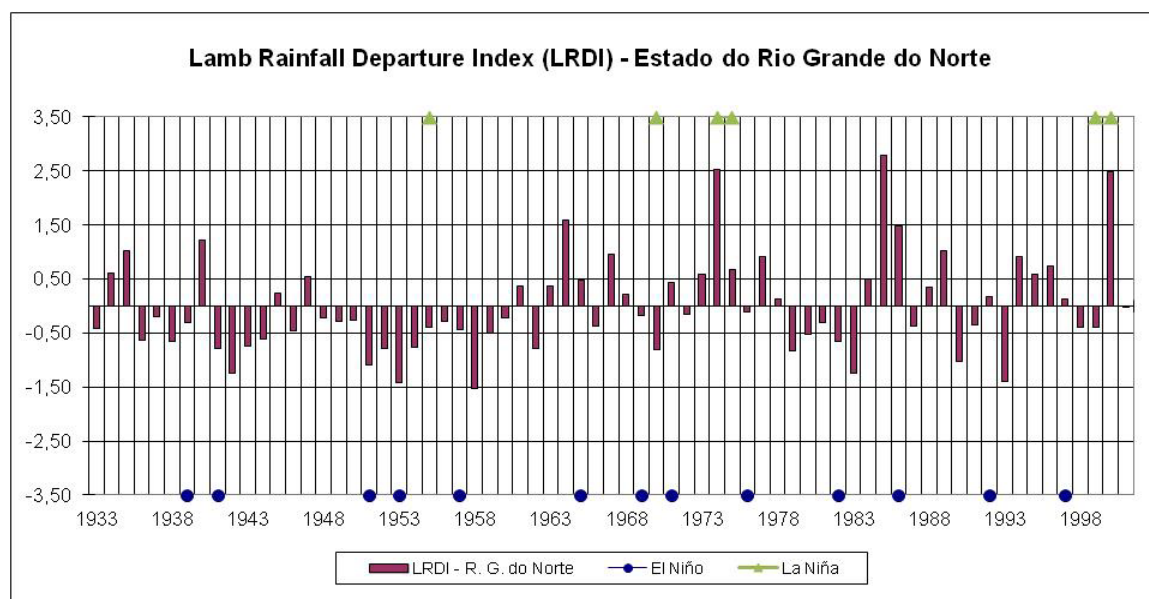


Figura 7: Valores de LRDI para o estado do Rio Grande do Norte.

## REFERÊNCIAS

ALLEY, W.M., 1984: **The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions**, Journal of Climate and Applied Meteorology, 23, 1100-1109.

ARAÚJO, Lincoln Eloi, Aline Costa Ferreira, João Miguel de Moraes Neto, Francisco de Assis Salviano de Sousa. **VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NO CARIRI PARAIBANO** Revista Educação Agrícola Superior - v.22, n.2,p.23-26, 2007.

BHALME, H.N., D.A. MOOLEY, 1979: **On the Performance of Modified Palmer Index**, Archives for Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology, Ser. B, 27, 281-295.

BHALME, H.N., D.A. MOOLEY, 1980: **Large-Scale Drought/Floods and Monsoon Circulation**, Monthly Weather Review, 108, 1197-1211.

CHAGNON, S.A., 1980: **Removing the Confusion over Droughts and Floods: The Interface between Scientists and Policy Makers**, Water International, 10-18.

FREITAS, M.A.S, 2010: **Que Venha a Seca: modelos para gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas**, Ed. CBJE, Rio de Janeiro, 413p.

FREITAS, M.A.S. & M.H.A. BILLIB, 1997: **Drought Prediction and Characteristic Analysis in Semi-Arid Ceará / Northeast Brazil**, Symposium "Sustainability of Water Resources Under Increasing Uncertainty", IAHS Publ. No. 240, 105-112, Rabat, Marrocos.

GUTTMAN, N.B., 1991: **A Sensitivity Analysis of the Palmer Hydrologic Drought Index**, Water Resources Bulletin, 27(5), 797-807.

GUTTMAN, N.B., J.R.WALLIS, & J.R.M.HOSKING, 1992: **Spatial Comparability of the Palmer Drought Severity Index**, Water Resources Bulletin, 28(6), 1111-1119.

LAMB, P.J., R. A. PEPPLER & S. HASTENRATH, 1986: **Interannual Variability in the Atlantic**, Nature, 322, 238-240.

Martins, E.S.; Braga, C.F.C.; Souza Fo., Francisco Assis de; Moraes, Marcia M.G.A. ; Marques, G. F. ; Mediondo, E.M. ; Freitas, Marcos Airton de Sousa ; Vazquez, V. ; Engle, Nathan ; Denys, E. . **Climate change impacts on water resources management: adaptation challenges and opportunities in Northeast Brazil**. In: The World Bank Group. (Org.). Latin America and Caribbean Region Environment and Water Resources occasional paper series. 1ª ed. Washington DC: World Bank, 2013, v. 1, p. 1-6.

McDONALD, N.S., 1989: **Decision Making using a Drought Severity Index**, Proc. United Nations University Workshop, Need for Climate and Hydrologic Data in Agriculture in Southeast Asia, CSIRO Division of Water Research, Technical Memo 89/5.

PALMER, W.C., 1965: **Meteorological Drought**, Weather Bureau, U.S. Department of Commerce, Washigton, D.C., Research Paper n° 45, 1-58.

ROOY, M.P. van, 1965: **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**, Notos, 14, 43.

United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat (UNISDR) - **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives**, Geneva, 2004, 429p.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Helenton Carlos da Silva** - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento-Público 1  
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético 191, 193, 199  
Água superficial 10, 135  
Atenuação de energia 31  
Atividade enzimática 210, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225  
Atributos Físicos 48, 146

### B

Bacia hidrográfica 25, 26, 53, 59, 60, 61, 67, 85, 90, 116, 117, 118, 119, 124, 130, 148, 241, 242  
Band GAP 157, 158, 163, 164  
Barragem subterrânea 40, 41, 42, 43, 47, 48

### C

Camarão Peneídeo Estuarino 179  
Carcinicultura 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17  
Catalase 209, 210, 212, 215, 227, 228, 229  
Categoria de risco 49, 52, 55, 56  
Concentração de Fe 230  
Condutividade elétrica 1, 2, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 26, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 204, 205, 234, 236, 240  
Condutividade hidráulica 18, 21, 44, 48, 146, 147, 149, 152, 154  
Crescimento de Camarão-Rosa 179

### D

Dano potencial associado 49, 52, 54, 55, 56  
Dejetos de animais 230  
Dessalinização 244, 245, 246, 248, 249, 250, 251, 252, 253  
Diagrama de gibbs 24, 27  
Dimensionamento 77, 78, 79, 81, 83, 178

### E

Erodibilidade 18, 22  
Estação elevatória 62, 77, 78, 79, 80, 83  
Estanho 191, 192, 193, 195, 199  
Estatística multivariada 133  
Eutrofização 133  
Evaporação 24, 25, 27, 28, 29, 41, 42, 245, 247

## **F**

Forma de batata 158  
Fotocatálise 164, 191, 192, 199  
Fotodegradação 158, 160, 164, 191, 194

## **G**

Geoestatística 94  
Geografia histórica 104  
Gestão ambiental 31, 203, 208  
Glutathione S-transferase 209, 210, 215

## **H**

Hidrogeoquímica 24, 29

## **I**

Índice de sustentabilidade 116, 117, 119, 121, 122, 125, 126, 129, 131  
Índices de secas 68, 70  
Infiltração de água no solo 18, 19, 146, 147, 149, 152, 156

## **M**

Metais tóxicos 209, 210, 231  
Modelos bio-ópticos 133

## **N**

Nordeste do Brasil 25, 29, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 68, 69, 70, 117, 135, 188

## **P**

Paisagens hídricas 104, 105, 106, 109  
Pescados 116, 119, 121, 123, 126, 127, 128, 129  
Plano de ação de emergência 49, 55  
Polígono antropogênico 116, 117, 123  
Potabilidade 1, 4, 8  
Potencial matricial 19, 146, 148  
Python 77, 78

## **Q**

Qualidade da água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 29, 43, 45, 90, 134, 230, 234, 235, 241, 242, 243

## **R**

Rede de arrasto não motorizado 179  
Rompimento 49, 50, 54, 57, 63, 195

## S

Secas 41, 59, 60, 68, 69, 70, 71, 72, 142

Semiárido 29, 40, 41, 42, 48, 51, 69, 75, 91, 93, 94, 95, 96, 103, 169, 208, 244, 245, 246, 251, 253

Software 77, 78, 79, 81, 82, 83, 97, 102, 106, 149, 150, 154, 156, 216

Sustentabilidade municipal 116, 130

Swan 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39

## T

Tecnologia ambiental 48, 244

Tecnologias apropriadas 40

## U

Urbanização 85, 104, 105, 106, 107, 110, 111, 112, 114, 115, 170

## V

Variabilidade 12, 13, 14, 15, 69, 75, 91, 94, 95, 97, 98, 99, 102, 103, 133, 134, 137, 138, 140, 141, 142, 155, 211

Vegetação 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 51, 86, 87, 90, 92, 93, 94, 95, 236

Velocidade de infiltração básica 18, 19, 20, 21, 22, 23, 146, 148, 152

VIB 18, 19, 20, 21, 146, 152



Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-668-3

