

**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: Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. 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.ª Dr.ª 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 LME0 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>	

**CAPÍTULO 17 ..... 157**

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

**DOI 10.22533/at.ed.68319270917**

**CAPÍTULO 18 ..... 169**

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

**DOI 10.22533/at.ed.68319270918**

**CAPÍTULO 19 ..... 179**

COMPOSIÇÃO SAZONAL DE JUVENIS DO CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus subtilis* (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

**DOI 10.22533/at.ed.68319270919**

**CAPÍTULO 20 ..... 191**

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

**DOI 10.22533/at.ed.68319270920**

**CAPÍTULO 21 ..... 202**

PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO (*Capsicum annuum* 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

**DOI 10.22533/at.ed.68319270921**

<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>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vitor Rodolfo Becegato</li> <li>Indianara Fernanda Barcarolli</li> <li>Valter Antonio Becegato</li> <li>Darluci Picolli</li> <li>Flávia Corrêa Ramos</li> <li>Alexandre Tadeu Paulino</li> </ul>	
<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	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Daniely Neckel Rosini</li> <li>Valter Antonio Becegato</li> <li>Pâmela Becali Vilela</li> <li>Amanda Dalalibera</li> <li>Jordana dos Anjos Xavier</li> </ul>	
<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	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Camila Santiago Martins Bernardini</li> <li>Carlos de Araújo Farrapeira Neto</li> <li>Fernando José Araújo da Silva</li> <li>Ingrid Fernandes de Oliveira Alencar</li> <li>Raquel Jucá de Moraes Sales</li> <li>Luciana de Souza Toniolli</li> <li>Leonardo Schramm Feitosa</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68319270924</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>254</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>255</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

### **Ronaldo Amâncio Meneses**

Gerente Regional da Borborema – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA & Professor dos Cursos de Engenharia Civil e Arquitetura da Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas- FACISA. Campina Grande - PB

### **José Augusto de Souza**

Coordenador de Gestão Comercial – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA & Aluno de Doutorado em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CTRN, rua Bartolomeu de Gusmão, s.n., Campina Grande-PB

**RESUMO:** A crise hídrica na Região Nordeste do Brasil tem, cada vez mais, evidenciado os conflitos pelo uso de água e submetido às populações a restrições ao acesso deste recurso natural. Os baixos registros pluviométricos aliados às deficiências no sistema de gerenciamento têm levado alguns reservatórios da região a exaurir seus armazenamentos. No sentido inverso à oferta de água o crescimento populacional desordenado das cidades e o aumento da demanda para as atividades humanas tem enrijecido os efeitos da escassez hídrica. Os maiores reflexos desta situação podem ser verificados através do Sistema de Abastecimento de Água de Campina Grande, segunda maior cidade do Estado da Paraíba que têm o desafio de atender a crescente procura

com uma disponibilidade de água cada vez menor. Nesse sentido, o presente trabalho vem abordar as principais consequências, ações e mudanças, decorrentes da crise hídrica, na Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba – CAGEPA.

**PALAVRAS-CHAVE:** Abastecimento de água, perdas físicas, crise hídrica.

### THE REFLECTIONS OF THE CURRENT WATER CRISIS IN THE COMPANY OF WATER AND SEWERS OF PARAÍBA - CAGEPA: ACTIONS TO REDUCE LOSSES OF THE SYSTEM OF SUPPLY OF CAMPINA GRANDE

**ABSTRACT:** The water crisis in the Northeast Region of Brazil has increasingly shown conflicts over the use of water and subjected the population to restrictions on the access of this natural resource. Low rainfall records coupled with deficiencies in the management system have led some reservoirs in the region to exhaust their storage. In contrast to the supply of water, the disorderly population growth of cities and the increase in demand for human activities has hardened the effects of water scarcity. The greatest impacts of this situation can be verified through the Water Supply System of Campina Grande, the second largest city in the state of Paraíba, which has the challenge of meeting the growing demand with an ever smaller water availability. In this sense, the present work

addresses the main consequences, actions and changes, resulting from the water crisis, at Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba - CAGEPA.

**KEYWORDS:** Water supply, physical losses, water crisis.

## INTRODUÇÃO

A Região Nordeste do Brasil é caracterizada pela predominância climática da semiaridez e pelas ocorrências cíclicas de “secas” anuais ou plurianuais cujo enfrentamento desses períodos de escassez hídrica são os maiores desafios para as populações dos grandes centros urbanos. No entanto, sabe-se que a escassez desse recurso evidencia questões que perpassam o âmbito natural e que estão muito mais ligadas a práticas e costumes adotadas na sociedade, como por exemplo, o mal-uso da água.

A crise hídrica, iniciada em 2012, tem direcionado a sociedade a refletir melhor sobre os seus padrões de uso dos recursos naturais, como por exemplo, a falsa ideia de infinidade da água diante da pouca disponibilidade desse recurso. O crescimento populacional desenfreado, a incipiente adoção e aplicação das políticas públicas setoriais, tais como: Política Nacional de Recursos Hídricos, Ambiental, Saneamento Básico e de Habitação tem levado o Brasil a enfrentar problemas que há muito tempo já foram revolvidos em outros países, como é o caso do uso eficiente da água no setor de saneamento.

Apesar da existência de uma política regulamentada há quase duas décadas (Lei 9.433/97) o modelo de gestão de recursos hídricos no Brasil tem apresentado falhas cruciais que potencializam as consequências danosas da escassez natural desses recursos. Como reflexo disso tem-se os recentes colapsos dos sistemas de abastecimento de água da maior parte das cidades nordestinas que estão geograficamente dentro do chamado “polígono das secas”.

O presente trabalho tem como objetivo mostrar as principais medidas que a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA teve que adotar com intuito de reduzir as perdas físicas no Sistema de Abastecimento de Água da cidade de Campina Grande – no Agreste paraibano – em virtude da crise hídrica que assola o seu principal manancial, o açude Epitácio Pessoa (Boqueirão).

## A SECA DE 2012 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA

É fato que a alternância de períodos com anos chuvosos e secos é um bastante comum na região semiárida brasileira, estes ciclos são variáveis no tempo e no espaço. Logo os problemas com a disponibilidade de água, sobretudo, para o abastecimento humano e animal já não são (ou não deverão ser) um “problema” para esta região. O maior reflexo de tal situação está evidenciado na depleção dos níveis de armazenamento dos maiores reservatórios, como é o caso do açude Epitácio

Pessoa (açude de Boqueirão) na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.

Numa ocasião recente, especificamente, dos anos de 1998 a 2004 a referida área conviveu com uma severa escassez hídrica que culminou com o (a ameaça de) colapso parcial e/ou total de alguns sistemas de abastecimento. Nesse sentido, Rêgo et. al, (2012) num dos seus estudos sobre a gestão da água deste manancial e o abastecimento da cidade de Campina Grande afirma que: “ ... De fato, somente 40 anos depois, em 1998, surgiu a primeira ameaça concreta de colapso do abastecimento, quando o volume armazenado naquele reservatório atingiu níveis mínimos ameaçadores, após uma série de anos pouco chuvosos, com destaque para as severas secas de 1993 e de 1998. A cidade sofreu seu primeiro racionamento d'água de 13/10/1998 a 15/03/1999. Dois outros episódios de racionamento ainda aconteceriam nos anos seguintes, o último deles encerrando-se em 01/03/2002, mas a situação só voltou à normalidade em janeiro de 2004, quando o açude recuperou seus níveis normais de operação e voltou a extravasar.”

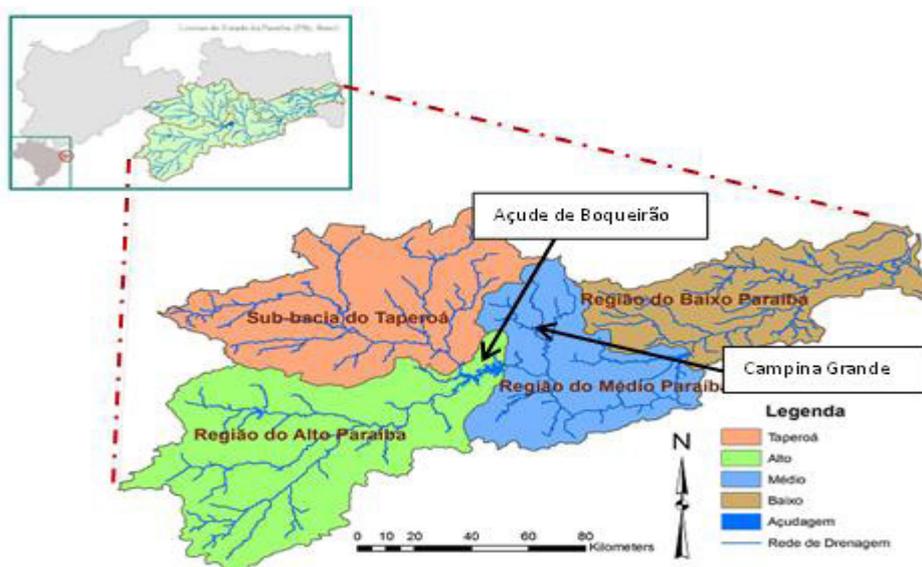


Figura 1– Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba

Como expõe o trecho final dos autores, o abastecimento só voltou à sua normalidade a partir de 2004, quando teve início uma série de anos chuvosos, os quais registraram precipitações sempre acima da média histórica. Com isso mantiveram-se os elevados níveis de armazenamentos dos reservatórios e a garantia de abastecimento através dos microssistemas.

Um aspecto peculiar do abastecimento de água da Campina Grande é que mesmo a cidade estando geográfica e climaticamente localizada na região do Agreste paraibano, onde os registros pluviométricos são maiores, o manancial que abastece a cidade depende das águas oriundas da região semiárida (Figura 1), especificamente da região do Alto curso do Rio Paraíba e da sub-bacia do Rio Taperoá, as quais detêm os menores registros pluviométricos do Estado da Paraíba.

O ano de 2012 ficou marcado como o início de um novo ciclo de baixas

precipitações pluviais no Nordeste brasileiro, ciclo este que tem sua duração indefinida, uma vez que os estudos de previsão climática indicam que tais ocorrências devem se prolongar até quando o fenômeno “EL NIÑO” estiver atuando. Depois de uma sequência de anos muito chuvosos (2004 a 2011) a diminuição das chuvas nesta região ocorreu de forma súbita a partir de 2012, como mostra a figura 2., que apresenta um resumo dos volumes de chuva registrados no triênio 2011-2013, na região da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (BHRPB), mais precisamente no trecho do alto curso deste rio, de onde originam os escoamentos que carregam o açude Epitácio Pessoa.

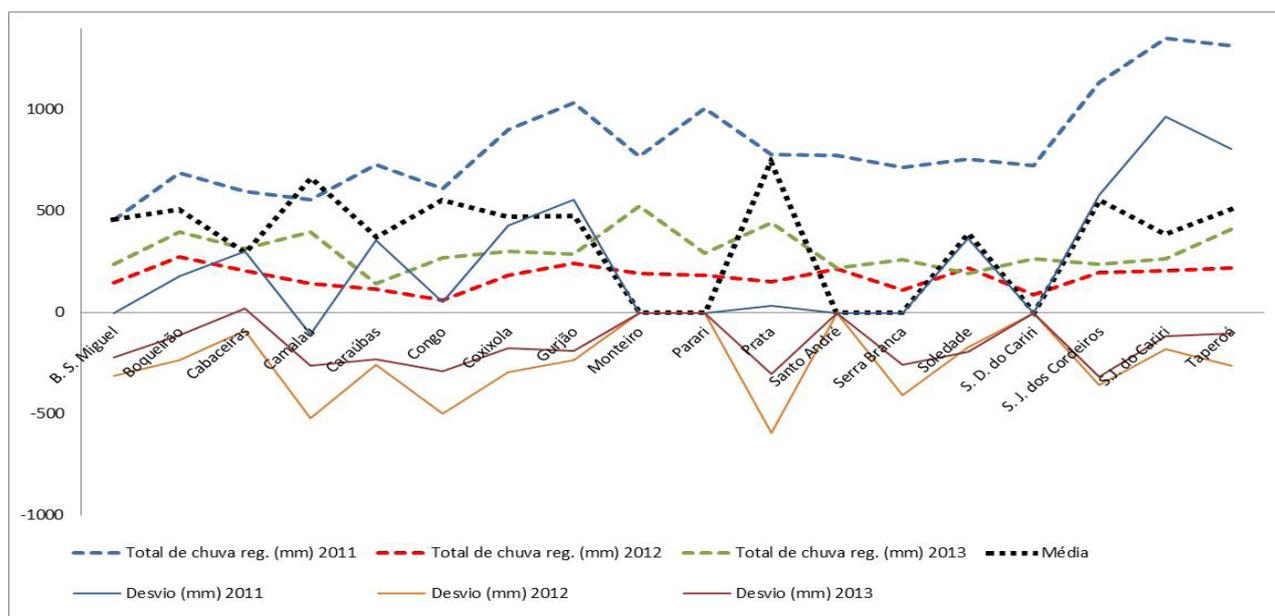


Figura 2– Total registrado de chuva, média e desvio para os municípios que compõem a BHRPB, nos anos 2011-2013

FONTE: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do?metodo=listarAnosChuvasAnuais>

É percebido que os registros de precipitação dos anos 2012 e 2013 estão muito abaixo da média histórica (últimos 30 anos). Com a estiagem novamente evidenciada e instalada a partir do mês de março do presente ano de 2012, retornaram as expectativas com relação à segurança hídrica da população abastecida pelo açude Epitácio Pessoa – Boqueirão (RÊGO et. al., 2012).

## O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CAMPINA GRANDE

A cidade de Campina Grande está localizada a 120 km da capital do Estado da Paraíba, João Pessoa. É o principal aglomerado urbano da área denominada de agreste paraibano na região oriental do Planalto da Borborema e localizado a 7° 13'11" de latitude Sul e a 35° 52'31" de latitude Oeste. A área territorial é de aproximadamente 621 km.-

O abastecimento da cidade de Campina Grande sempre foi um desafio para sua população e para os governantes de um modo geral. Ainda na primeira metade

do século XX, especificamente em 1938 o Governo do Estado construiu o açude de Vaca Brava, no município brejeiro de Areia, A água captada era aduzida até a cidade de Campina Grande, cuja elevação era da ordem de 120 metros, num percurso de 30 km, com uma tubulação de DN 350. A estação de tratamento era localizada no bairro do Alto Branco, Campina Grande. O processo de tratamento era o convencional, composto por dosagem e mistura de produtos químicos (sulfato), floculação hidráulica, decantação, filtração e desinfecção com cloro. Havia três reservatórios: o R-01 (localizado na própria área da ETA, com capacidade para 3.080 m<sup>3</sup>), o R-02 (construído no centro da cidade e com capacidade para 2.290 m<sup>3</sup>) e o R-03, situado no bairro do Monte Santo, campina Grande, com capacidade de 500 m<sup>3</sup>. A rede de distribuição era composta por tubos em ferro fundido, com diâmetros variando entre DN 50 e 400 e um comprimento estimado de 35 km (CAGEPA, 2008).

No final da década de 1950, especificamente me 1958 foi concluída uma Barragem reguladora no rio Paraíba, denominado açude Epitácio Pessoa, com capacidade para acumulação de 537 milhões de metros cúbicos e a captação ocorria à jusante, na localidade denominada de Vereda Grande, através de uma estação elevatória. A adução ocorria através de uma adutora de DN 500, com 17,2 km de extensão e cuja água tinha como destino a estação de tratamento, implantada na localidade denominada de Gravatá, no município de Queimadas. Após tratada, a água era recalçada por uma adutora de ferro fundido (DN 500 e comprimento de 20.120 m) até o reservatório R-05, no bairro da Prata, Campina Grande. Para o gerenciamento do novo sistema, foi fundada a sociedade de economia mista, denominada de Saneamento de Campina Grande- SANESA, com controle acionário do estado. Uma nova rede (com diâmetros entre DN 50 e 500) foi construída para o atendimento de uma demanda estimada em 44 mil metros cúbicos por dia (CAGEPA, 2008).

Na década de 1970, o sistema de Campina Grande passou a ser gerenciado pela atual Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA. Em 1972, a captação passou a ser realizado através do túnel de descarga da barragem do açude Epitácio Pessoa e com uma tubulação de DN 900, em aço. Foi construída uma estação elevatória de água bruta, com potência instalada de 2.400 CV, vazão de 780 l/s e altura manométrica igual a 120 m. A adutora foi executada em aço e DN 900 e uma extensão de 21.600 m, substituindo, portanto, a antiga adutora de Vereda Grande. A ETA de Gravatá foi ampliada, com duplicação das unidades de filtração e decantação, implantação da floculação mecânica e substituição das tubulações dos filtros. Houve também ampliação da estação elevatória de água tratada. A potência instalada aumentou para 4.800 CV, com capacidade de recalque igual a 760 l/s e altura manométrica igual a 180 m. A segunda adutora de água tratada foi implantada, em aço e DN 700, com 20.120 m de extensão e abastecendo o R-05 (e atualmente parte da vazão abastece o R-09). A capacidade de reservação passou a ser de 24.270 m<sup>3</sup>, com a construção dos reservatórios R-04, no bairro da Palmeira e R-06, no Distrito

Industrial (CAGEPA, 2008).

Recentemente o Sistema de Abastecimento de Campina Grande foi expandido para as cidades de Alagoa Nova, Lagoa Seca, Matinhas e São Sebastião de Lagoa de Roça passaram a ser abastecidas a partir de sistema oriundo da rede de distribuição de Campina Grande. Dessa forma, de acordo com CAGEPA (2016) o referido sistema abrange onze municípios (em alguns destes abastece pequenas comunidades rurais e distritos) e atinge uma população de aproximadamente meio milhão pessoas, em mais de 159 mil ligações de água, como mostra o quadro 1.

Localidade	Ligações c/ Hidrômetro Funcionando	Total de Ligações	Percentual Hid Func/Total Lig	Lig	População (est. IBGE 2015)
<b>Campina Grande</b>	123.068	143.127	85,99%		405.072
<b>Lagoa Seca</b>	2.524	4.260	59,25%		27.247
<b>Lagoa de Roça</b>	1.237	1.813	68,23%		11.677
<b>Matinhas</b>	240	258	93,02%		4.497
<b>Alagoa Nova</b>	1.428	3.031	47,11%		20.500
<b>Galante</b>	1.512	2.748	55,02%		Dist. CG
<b>Pocinhos</b>	3.602	3.975	90,62%		18.272
<b>TOTAIS</b>	<b>133.611</b>	<b>159.212</b>	<b>83,92</b>		<b>487.265</b>

Quadro 1 – Número de ligações e população atendida pelo Sistema de Abastecimento de Campina Grande

### Volume de água retirado pelo Sistema de Abastecimento de Campina Grande

Como mencionado anteriormente, no período compreendido entre 2004 e 2011, a abundância pluvial levou os órgãos gestores de recursos hídricos, bem como a população de modo geral, a uma sensação de conforto no que diz respeito ao controle do acesso a estes recursos. Em 19 de julho de 2005, através da Resolução 295, a Agência Nacional de Águas – ANA outorgou a CAGEPA a fazer uso da água do açude Epitácio Pessoa com uma vazão de 1.469 L/s, operando 24 horas por dia durante todos os dias do ano, para o abastecimento de Campina Grande. Desde então, é sabido que a demanda por água cresceu consideravelmente, e um fato de grande impacto nas retiradas do açude Epitácio Pessoa por parte da CAGEPA foi o rompimento da Barragem de Camará, Brejo Paraibano, em que algumas cidades dessa área, como por exemplo, Alagoa Nova, São Sebastião de Lagoa de Roça e Matinhas, quando em 2007 passaram a se abastecidas através de um sistema oriundo da rede de distribuição de Campina Grande.

Em 2012, a iminência de um período de baixos volumes de precipitação pluvial, e tendo em memória o ocorrido no final da década de 90, a sociedade civil juntamente com entidades acadêmicas e órgãos como a Assembleia Legislativa do Estado e

Ministério Público retomaram as discussões sobre o controle do uso da água do açude Epitácio Pessoa. Em 09 de julho de 2012, através da Resolução 302, a Agência Nacional de Águas – ANA emite uma nova outorga para CAGEPA retirar do açude Epitácio Pessoa, para Campina Grande uma vazão de 1,229 L/s.

Com o agravamento da crise os órgãos gestores as ações de controle foram disciplinando ainda mais as retiradas de água do manancial. Em 17 de agosto de 2015, a Resolução Conjunta ANA/AESA nº 960 estabelece condições especiais para o uso da água daquele açude limitando a vazão média de retirada para 881 L/s até o dia 31 de outubro de 2015 e de 650 L/s a partir de 1 de novembro de 2015, vazão esta que se encontra em vigor na data de elaboração deste trabalho.

## **AÇÕES PARA REDUÇÃO DE PERDAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO**

Como está definido pelo Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNDA (2004), os sistemas públicos de abastecimento de água, do ponto de vista operacional, ocorrem as chamadas “perdas” em virtudes dos volumes de água que por algum motivo não são contabilizados. Dentre estas estão as “perdas físicas” também chamadas de “reais”, que decorrem de vazamentos no sistema, procedimentos operacionais, como por exemplo, lavagem de filtros Estações de Tratamento, e as “aparentes” ou não reais que são oriundas de desvios, ligações não cadastradas, equipamento de medição parado entre outras.

Nesse sentido, em 2013, mais precisamente no mês de outubro, a CAGEPA foi interpelada pelo Ministério Público Estadual, através da Promotoria de Defesa dos Direitos do Consumidor de Campina Grande, a adotar medidas técnico-administrativas visando à redução das perdas de água nas unidades dos sistemas de abastecimento alimentados pelo açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), desde a capacitação, passando pelas adutoras e, principalmente, nas redes urbanas de distribuição.

Foi assinado um Termo de ajustamento de Conduta (TAC) em que a CAGEPA se comprometeu, num prazo de 30 dias, iniciar um cronograma de medidas dentre as quais: **i)** substituição e instalação de 40.000 hidrômetros na cidade de Campina Grande (e demais cidades abastecidas pelo açude Epitácio Pessoa); **ii)** aparelhamento (atualmente, são 82 novos veículos e equipamentos) das equipes de conserto de vazamentos (tanto em ramais prediais, redes de distribuição e adutoras); **iii)** intensificação das fiscalizações de desvios nas duas adutoras de água bruta, nas 3 adutoras de água tratada e nas redes de distribuição de água ; **iv)** automação do controle operacional das estações elevatórias de água tratada e de água bruta, da captação de água bruta, da Estação de Tratamento de Água (ETA) e dos reservatórios de distribuição; **v)** reaproveitamento de aproximadamente 500 m<sup>3</sup> das águas provenientes das lavagens diárias dos filtros ETA - Gravatá; **vi)** Substituição e instalação de válvulas gaveta e borboleta na rede de distribuição; **vii)** implantação de programa de manutenção preventiva nas estações elevatórias de água bruta de

## CÁLCULO DA PERDA DE CARGA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA -SAA

Diversos fatores infraestruturais e operacionais influenciam as perdas de água num SAA. Tais perdas dependem, principalmente, das características do sistema hidráulico e de fatores relacionados às práticas operacionais, que por sua vez dependem do nível tecnológico do sistema e dos programas de gestão. A International Water Association (IWA) propôs o conceito de balanço hídrico para SAA, com a diferenciação entre perdas reais e perdas aparentes, apresentado no Quadro 2.

Volume de entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluir água exportada)	Água faturada	
			Consumo faturado não medido (estimado)		
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (usos próprios, caminhão pipa, etc)		Água não faturada
			Consumo não faturado não medido (combate a incêndio, favelas, etc)		
	Perda de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro)		
			Erros de medição (micromedição)		
		Perdas reais	Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição		
			Vazamentos e extravasamentos em reservatórios		
	Vazamentos em ramais prediais (a montante do ponto de medição)				

Quadro 2. Balanço Hídrico proposto pela IWA/AWWA para SAA

Neste trabalho, consideramos o cálculo das perdas reais, cuja estimativa deu-se a partir da equação 1

$$Pr = (VMacro - VMicro)/VMacro * 100 \quad (1)$$

Sendo:

**Pr**= Perdas reais, em percentual

**VMacro** = Volume que chega ao SACG, em m<sup>3</sup>, aferido em 3 macromedidores instalados nas 3 adutoras de água tratada

**VMicro** = É a soma do volume de água aferido nos micromedidores, do volume estimado para os imóveis onde não há micromedidores e do volume de carros pipas.

Foi considerado um período representativo de apenas nove meses, pelo fato de termos uma consistência maior dos dados de macro e micro medição após a

CAGEPA ter implantado toda a infraestrutura descrita o item anterior (pag.7). A figura 2 mostra o resultado calculado das perdas reais do Sistema de Abastecimento de Campina Grande para o período de setembro de 2015 a maio de 2016.

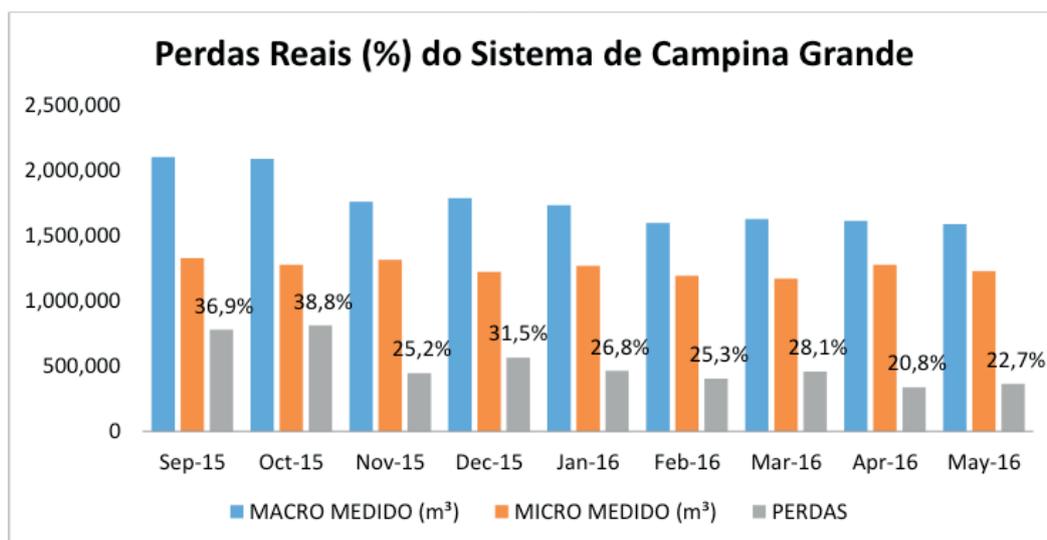


Figura 3– Valores calculados das perdas reais do Sistema de Abastecimento de Campina Grande

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os índices de perdas físicas que a CAGEPA apresentava no ano de 2011, que era de aproximadamente 48,5%, as ações implementadas pela CAGEPA, a partir do estabelecimento da crise hídrica (mais precisamente do ano de 2013) tem apresentado uma importante redução nas suas perdas físicas (reais) do Sistema de Abastecimento de Campina Grande. Isso demonstra uma maior eficiência do sistema e um cuidado maior com que a CAGEPA tem utilizado a água do açude Epitácio Pessoa.

Porem, para que o referido sistema alcance uma eficiência cada vez mais ampla é necessário que estas ações sejam adotadas em caráter permanente, independente da disponibilidade hídrica espacial e/ou temporal e que outras ações ligadas as perdas aparentes sejam intensificadas na mesma proporção.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAGEPA e à AESA pela cessão de informações e dados dos sistemas estudados.

## REFERÊNCIAS

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do?metodo=listarAnosChuvadasAnuais> < Disponível em: Acessado em: 23 de junho de 2016.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2005). Resolução 295, de 19 de julho de 2005. Outorgar a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba CAGEPA, o direito de uso de recursos hídricos para captação de água do Reservatório denominado Açude Público Presidente Epitácio Pessoa, situado no Rio Paraíba, com a finalidade de abastecimento público.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2012). Resolução 302, de 09 de julho de 2012. o direito de uso de recursos hídricos para captação de água do Reservatório denominado Açude Público Presidente Epitácio Pessoa, situado no Rio Paraíba, com a finalidade de abastecimento público.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (2015). Resolução Conjunta, nº 960, de 17 de agosto de 2015. Estabelece condições especiais de uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos no Reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão) e na sua bacia hidráulica e procedimentos pertinentes.

CAGEPA (2008). Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Relatório de Informações Cadastrais. Campina Grande.

CAGEPA (2016) Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Relatório de Informações Cadastrais. Campina Grande.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo (2010). Disponível em: < [ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010/Sinopse/Unidades\\_da\\_Federacao/sino\\_pse\\_uf\\_Paraiba.zip](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Sinopse/Unidades_da_Federacao/sino_pse_uf_Paraiba.zip) >. Acesso em 23 de junho 2016.

MENESES, R.A. (2011) Diagnóstico operacional de sistemas de abastecimento de água: o caso de Campina Grande. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA (2004). DTA - Documento Técnico de Apoio nº A2. INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.

RÊGO, J. C; GALVÃO, C. O; ALBUQUERQUE, J. P. T. (2012). Considerações sobre a gestão dos recursos hídricos do açude Epitácio Pessoa – Boqueirão na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba em cenário de vindouros anos secos. In Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, João Pessoa, Nov. 2012.

## **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

