

# Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais 5

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

Ano 2019

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)

Ensaio nas Ciências Agrárias e  
Ambientais 5

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
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  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E59 Ensaio nas ciências agrárias e ambientais 5 [recurso eletrônico] /  
Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. –  
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ensaio nas  
Ciências Agrárias e Ambientais; v. 5)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.  
Modo de acesso: World Wide Web.  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-041-4  
DOI 10.22533/at.ed.414191601

1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária -  
Brasil. 4. Sustentabilidade. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan  
Mario.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu Volume V, apresenta, em seus 24 capítulos, conhecimentos aplicados nas Ciências Agrárias.

O uso adequado dos recursos naturais disponíveis na natureza é importante para termos uma agricultura sustentável. Deste modo, a necessidade atual por produzir alimentos aliada à necessidade de preservação e reaproveitamento de recursos naturais, constitui um campo de conhecimento dos mais importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas, assim como, de atividades de extensionismo que levem estas descobertas até o conhecimento e aplicação dos produtores.

As descobertas agrícolas têm promovido o incremento da produção e a produtividade nos diversos cultivos de lavoura. Nesse sentido, as tecnologias e manejos estão sendo atualizadas e, em constantes mudanças para permitir os avanços na Ciências Agrárias. A evolução tecnológica, pode garantir a demanda crescente por alimentos em conjunto com a sustentabilidade socioambiental.

Este volume traz artigos alinhados com a produção agrícola sustentável, ao tratar de temas como manejo de recursos hídricos e recursos vegetais, manejo do solo, produção de biogás entre outros temas. Temas contemporâneos de interrelações e responsabilidade socioambientais tem especial apelo, conforme a discussão da sustentabilidade da produção agropecuária e da preservação dos recursos hídricos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias e Ambientais, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar aos profissionais das Ciências Agrárias e áreas afins, trazer os conhecimentos gerados nas universidades por professores e estudantes, e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e manejos que contribuíssem ao aumento produtivo de nossas lavouras, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AJUSTE MENSAL DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI PARA O MUNICÍPIO DE IGUATU/CE	
Gilbenes Bezerra Rosal	
Eugenio Paceli de Miranda	
Rayane de Moraes Furtado	
Tatiana Belo de Sousa Custódio	
Cristian de França Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
ANÁLISE ESPACIAL DE EROSIVIDADE DAS CHUVAS PARA O MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB	
Thiago César Cavalcante de Vasconcelos	
Estéfanny Dhesirée Paredes Pereira	
Francicléa Avelino Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>18</b>
ANÁLISE MACROSCÓPICA DAS IMPLICAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA CIDADE DE JI-PARANÁ (RO), SUDOESTE DA AMAZÔNIA	
Victor Nathan Lima da Rocha	
Nara Luísa Reis de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>31</b>
APLICAÇÃO DO MODELO LANDGEM PARA ESTIMAÇÃO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO DE JOÃO PESSOA/PB	
Dayse Pereira do Nascimento	
Monica Carvalho	
Susane Eterna Leite Medeiros	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>42</b>
COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA DE BATIDAS DE UM CARNEIRO HIDRÁULICO ARTESANAL E SEU EFEITO NO RENDIMENTO	
Letícia Passos da Costa	
Dian Lourençoni	
Mariela Regina da Silva Pena	
Vinícius Pereira Mello Ribeiro	
César Barbieri	
Otávio Augusto Carvalho Nassur	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>47</b>
CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO	
Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti	
Laércio Ferro Camboim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916016</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 60**

DESEMPENHO DE TENSÍOMETRO DIGITAL NO MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO EM UM CAMBISSOLO

Luiz Eduardo Vieira de Arruda  
Sérgio Luiz Aguilar Levien  
Vladimir Batista Figueirêdo  
José Francismar de Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.4141916017**

**CAPÍTULO 8 ..... 67**

DESENVOLVIMENTO DE UM ÍNDICE AGREGADO DE MANEJO DE AGROTÓXICOS PARA A REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO – BA

Rogério César Pereira de Araújo  
Victor Emmanuel de Vasconcelos Gomes  
Rosângela Santiago Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.4141916018**

**CAPÍTULO 9 ..... 83**

EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO SOBRE A POROSIDADE, MICRO E MACROPOROSIDADE EM SOLOS DE TEXTURAS DISTINTAS

Debora Oliveira Gomes  
Cleidiane Alves Rodrigues  
Aline Noronha Costa  
Layse Barreto de Almeida  
Fernanda Paula Sousa Fernandes  
Vicente Bezerra Pontes Junior  
Michel Keisuke Sato  
Daynara Costa Vieira  
Augusto José Silva Pedroso

**DOI 10.22533/at.ed.4141916019**

**CAPÍTULO 10 ..... 89**

EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO

Jhon Lennon Bezerra da Silva  
Geber Barbosa de Albuquerque Moura  
Fabrício Marcos Oliveira Lopes  
Ênio Farias de França e Silva  
Pedro Francisco Sanguino Ortiz  
Frederico Abraão Costa Lins

**DOI 10.22533/at.ed.41419160110**

**CAPÍTULO 11 ..... 99**

MANEJO, PERCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CISTERNAS DO MUNICÍPIO DE ARARUNA-PB

Lucas Moura Delfino  
Anderson Oliveira de Sousa  
Luiz Ricardo da Silva Linhares  
Felipe Augusto da Silva Santos

**DOI 10.22533/at.ed.41419160111**

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>107</b>
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BARRAGEM DE MORRINHOS, EM POÇÕES – BAHIA	
Vivaldo Ribeiro dos Santos Filho Zorai de Santana dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>111</b>
O REDD+ NA PERSPECTIVA DOS DIREITOS DE PROPRIEDADE	
Fernanda Coletti Pires Sônia Regina Paulino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>128</b>
PRECARIZAÇÃO DO TRABALHO E INJUSTIÇA AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM UMA COOPERATIVA DE CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA (SC)	
Viviane Kraieski de Assunção Vitória de Oliveira de Souza Mario Ricardo Guadagnin Leandro Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>144</b>
PROJEÇÃO FUTURA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA MESORREGIÃO SUL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Gabriela Rodrigues da Costa Henderson Silva Wanderley	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>150</b>
PROPOSTA DE ÍNDICE DE SALINIDADE DOS RESERVATÓRIOS DO ALTO JAGUARIBE ALÉM DA VARIABILIDADE TEMPORAL	
Geovane Barbosa Reinaldo Costa Helba Araújo de Queiroz Palácio José Ribeiro de Araújo Neto Daniel Lima dos Santos Diego Pereira de Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>161</b>
“REFLEXÕES E RELATOS DE EXPERIÊNCIAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM PROJETO DE EXTENSÃO: (RE) PENSAR A QUALIDADE SANITÁRIA NO COMÉRCIO DE CARNES DOS MERCADOS PÚBLICOS DE CAVALEIRO E DAS MANGUEIRAS, JABOATÃO DOS GUARARAPES/ PE, 2015-2017”	
Aline Clemente de Andrade Yuri Carlos Tiétre de Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160117</b>	

**CAPÍTULO 18 ..... 170**

RELAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E CAPACIDADE DE SUPORTE EM ÁREA IRRIGÁVEL NUMA FAZENDA EM QUIXERAMOBIM-CE

Francisca Luiza Simão de Souza  
Francisco Ezivaldo da Silva Nunes  
Edmilson Rodrigues Lima Junior  
Roberta Thércia Nunes da Silva  
Rildson Melo Fontenele  
Antonio Geovane de Morais Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.41419160118**

**CAPÍTULO 19 ..... 176**

RESSUSCITAÇÃO CARDIO-RESPIRATÓRIA DE NEONATOS CANINOS NASCIDOS POR CESARIANA – RELATO DE CASO

Sharlenne Leite da Silva Monteiro  
Jacqueline Alves Itame  
Ana Clara Batisti Pasquali  
Camila Lima Rosa  
Luciana do Amaral Oliveira  
Carla Fredrichsen Moya Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.41419160119**

**CAPÍTULO 20 ..... 182**

SERVIÇO SOCIAL: UMA INTERLOCUÇÃO COM A QUESTÃO AMBIENTAL

Adeilza Clímaco Ferreira  
Amanda Pereira Soares Lima  
Carla Montefusco de Oliveira  
Joselma Ramos Carvalho Santos  
Maria Angélica Barbosa Marinho de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.41419160120**

**CAPÍTULO 21 ..... 192**

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO/SE

Neuma Rúbia Figueiredo Santana  
Antenor de Oliveira Aguiar Netto  
Inajá Francisco de Souza  
Carlos Alexandre Borges Garcia

**DOI 10.22533/at.ed.41419160121**

**CAPÍTULO 22 ..... 200**

PRODUÇÃO DE FITOMASSA POR *Cratylia argentea* (FABACEAE) EM SISTEMA DE ALEIAS NA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS

Walter José Rodrigues Matrangelo  
Virgínio Augusto Diniz Gonçalves,  
Savanna Xanti Gomes  
Iago Henrique Da Silva  
Leila de Castro Louback Ferraz  
Mônica Matoso Campanha

**DOI 10.22533/at.ed.41419160122**



**CAPÍTULO 23 ..... 214**

PROJETO LEITENERGIA: UM MODELO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E ENERGIA DE ORIGEM DE RESÍDUOS DE ANIMAIS E SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA: NO SUDOESTE DO PARANÁ

Carila Tiele Valendolfe Costa  
Almir Antônio Gnoatto  
Ana Claudia Schllemer dos Santos  
Cleverson Busso  
Izamara de Oliveira  
Diane Pilonetto

**DOI 10.22533/at.ed.41419160123**

**CAPÍTULO 24 ..... 218**

SISTEMAS TELEMÉTRICOS PARA MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

Sérgio Francisco Pichorim  
Adriano Ricardo de Abreu Gamba  
Karol de Freitas Champaoski  
Leonardo Henrique dos Santos Castilho

**DOI 10.22533/at.ed.41419160124**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 233**

## PROPOSTA DE ÍNDICE DE SALINIDADE DOS RESERVATÓRIOS DO ALTO JAGUARIBE ALÉM DA VARIABILIDADE TEMPORAL

### **Geovane Barbosa Reinaldo Costa**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará  
Iguatu – Ceará

### **Helba Araújo de Queiroz Palácio**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará  
Iguatu – Ceará

### **José Ribeiro de Araújo Neto**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará  
Iguatu – Ceará

### **Daniel Lima dos Santos**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará  
Iguatu – Ceará

### **Diego Pereira de Araújo**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará  
Iguatu – Ceará

**RESUMO:** Objetivou-se com esta pesquisa, avaliar a qualidade das águas superficiais para fins de irrigação e variabilidade temporal dos sais dessas águas dos reservatórios, durante o período de 2011 a 2015 na sub-bacia do Alto Jaguaribe, como também gerar um índice de salinidade (ISal) para classificar as águas dos reservatórios no Estado do Ceará, Brasil, empregando-se a técnica de agrupamento

para análise de similaridade dos reservatórios. O estudo foi realizado em 10 reservatórios, com dados provenientes do banco de dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), utilizando os seguintes parâmetros: condutividade elétrica (CE), cloreto (Cl<sup>-</sup>), sódio (Na<sup>+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>). Foram desenvolvidos mapas que identificam a escala de vulnerabilidade dos reservatórios e correspondentes a bacia do Alto Jaguaribe quanto à salinidade. O íon que apresentou maiores restrições foi o Mg<sup>2+</sup>, seguido do Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> e da CE. Os valores do ISal proposto variaram muito, que classificaram as águas entre moderada a alta restrição de uso. Distinguem-se principalmente 2 reservatórios com moderada a alta restrição quanto à salinidade das águas dos reservatórios. São eles os reservatórios Brôco e Favelas em que obtiveram as maiores concentrações de sais dentre os estudados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Irrigação; Semiárido; Sais.

### 1 | INTRODUÇÃO

A qualidade da água reflete os efeitos agregados de vários processos ao longo do caminho percorrido pela mesma e é influenciada pelas características da bacia hidrográfica (MASSOUD, 2012). Este uso tem sofrido

restrições significativas devido à poluição dos rios e outras fontes, provenientes das ações naturais e antrópicos, as quais alteram os aspectos de qualidade e, dessa forma, a quantidade de água de boa qualidade disponível para ser utilizada nas atividades humanas (SOUSA *et al.*, 2014).

Reservatórios de barragens recebem o excedente hídrico escoado nos eventos pluviométricos capazes de superar as abstrações iniciais de sua bacia e os guarda para disponibilizar a água nos períodos de estio (ARAÚJO, 2012). Para Cruz *et al.*, (2010), o processamento das vazões afluentes e das cargas de materiais dissolvidos e em suspensão, ocorrido no interior do reservatório, as características construtivas e a operação da barragem irão determinar a quantidade e a qualidade das águas para a jusante.

A escassez de água decorrente da pouca incidência de chuvas, aliada a ocorrência de altas taxas de evaporação, é responsável pela intermitência de quase toda a rede hidrográfica, com os cursos apresentando vazão mínima igual a zero em torno de 9 a 10 meses do ano (ARAÚJO *et al.*, 2014). Este fato representa um severo problema para a captação e armazenamento de água nesta região. Portanto, milhares de reservatórios foram construídos na região do semiárido brasileiro com a finalidade de armazenar água para múltiplos usos e perenização dos rios durante, principalmente, os períodos de estiagem PALÁCIO *et al.*, 2011).

Os principais problemas avaliados na água para a irrigação são relacionados à salinidade e a toxicidade por íons (SILVA *et al.*, 2011). A prática de irrigação é indispensável para a garantia da produção das culturas nas regiões áridas e semiáridas Nordeste (MENDES *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2009; FIGUEREDO JÚNIOR *et al.*, 2013).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade das águas superficiais para fins de irrigação e variabilidade temporal dos sais dessas águas, além de um índice de classificação da salinidade das águas superficiais (ISal), de na bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, localizada no Estado do Ceará.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo está localizada na sub-bacia do Alto Jaguaribe, na porção sudoeste do Estado do Ceará, Brasil, entre as latitudes 5°54'55" e 7°04'50" S e as longitudes 38°55'22" e 40°24'47" W (Figura 1).

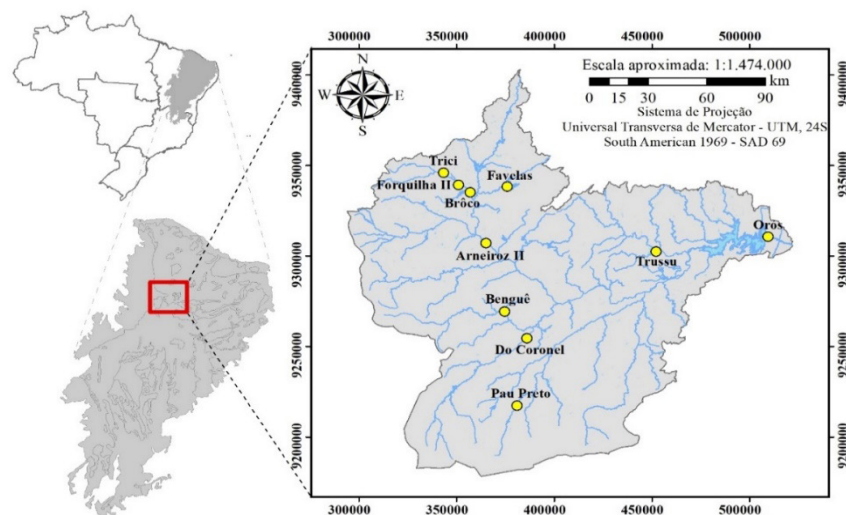


Figura 1 –Localização dos reservatórios na sub-bacia do Alto Jaguaribe, Brasil

O clima da bacia hidrográfica é do tipo BSh' (semiárido quente), de acordo com a classificação climática de Köppen. A precipitação média anual na região é de cerca de 780 mm de acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) entre os anos de 1974 a 2015, enquanto a evapotranspiração potencial da região oscila entre 1.500 e 2.000 mm ano<sup>-1</sup> e as temperaturas médias anuais registram valores de 23 a 27 °C (Araújo Neto et al., 2014). O regime pluviométrico da bacia do Alto Jaguaribe, como em todo o Estado, se caracteriza por uma alta variabilidade espacial e temporal, portanto, a principal limitação com relação à pluviometria na região é em decorrência muito mais na irregularidade do regime do que da altura pluviométrica anual (ARRAES, 2010).

Para pesquisa, 10 reservatórios da sub-bacia (Arneiroz II, Benguê, Broco, Do Coronel, Favelas, Forquilha II, Orós, Pau Preto, Trici e Trussu) deram suporte. Os dados das concentrações químicas das águas dos reservatórios para o período de 2011/2015, foram provenientes do banco de dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). Para este trabalho foram considerados os seguintes parâmetros: condutividade elétrica (CE) em dS m<sup>-1</sup>, cloreto (Cl<sup>-</sup>), sódio (Na<sup>+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) em mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>, sendo estes os atributos considerados para o cálculo do índice de salinidade das águas superficiais (ISal), proposto pela classificação de Araújo Neto et al. (2014).

## 2.1 Índice de Salinidade de Água (ISal)

A salinidade das águas de reservatório foi avaliada com base no índice proposto por Meireles *et al.* (2010). Este índice identifica os parâmetros que contribuíram para a maior explicabilidade na salinidade da água por meio da Análise Multivariada e posteriormente pondera o valor de cada parâmetro (qi) através do seu peso correspondente de agregação (wi). Portanto, na primeira etapa, identificou-se os parâmetros que contribuíram para a maior explicabilidade na salinidade da água de

irrigação por meio da Análise Multivariada e na segunda etapa, os valores de medidas da qualidade para cada parâmetro ( $q_i$ ) e os pesos de agregação ( $w_i$ ) foram determinados, seguindo a metodologia proposta por Meireles *et al.* (2010) em classificação para irrigação das águas superficiais da bacia do Acaraú, Ceará.

O índice de salinidade das águas dos reservatórios foi calculado através da Equação (1), seguindo a metodologia proposta por Araújo Neto *et al.* (2014).

$$ISal = \sum_{i=1}^n q_i w_i \quad (1)$$

em que,

ISal - índice de salinidade das águas, um número adimensional entre 0 e 100;

$q_i$  - qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, em função de sua concentração ou medida;

$w_i$  - peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, atribuído em função da sua importância para a explicação da variação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1.

O índice de salinidade de água (ISal), foi dividido em 5 classes, indicado na Tabela 1. Os limites foram baseados em estudos de índices de qualidade de água existentes, e as classes foram definidas considerando o risco de salinidade e a toxidez às plantas, semelhante à classificação apresentada por Meireles *et al.* (2010).

Classes	Classificação da Salinidade
$85 < ISal \leq 100$	Sem restrição
$70 < ISal \leq 85$	Baixa restrição
$55 < ISal \leq 70$	Moderada restrição
$40 < ISal \leq 55$	Alta restrição
$0 < ISal \leq 40$	Restrição Severa

Tabela 1 - Limites e restrições das classes do ISal para as águas superficiais

Adaptado de Araújo Neto *et al.* (2014).

## 2.2 Aplicação do SIG para geração dos Mapas

De posse das matrizes de pontos, foram construídos mapas relativos ao  $q_i$  de cada variável no software ArcGIS 10.1. Os mapas do ISal para o Estado do Ceará foram desenvolvidos a partir da Equação 1 em processo iterativo com o software ArcGIS 10.1 através da ferramenta ArcToolbox, Analyst Tools e Map Álgebra. Processo semelhante foi empregado por Andrade *et al.* (2006) e por Lopes *et al.* (2008).

Empregou-se a técnica estatística multivariada, através da análise de agrupamento hierárquico (AAH), para formação de grupos de similaridade entre os reservatórios, processada no software SPSS20.0

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sub-bacia do Alto Jaguaribe durante o período de 2011 a 2015, com exceção o ano de 2011, as precipitações pluviométricas foram inferiores à precipitação média anual histórica da região de 780 mm (Funceme, 2017). Segundo Marengo et al. (2016), a seca que se intensificou em 2012-2013 e se estendeu em menor grau até 2015, foi considerada a mais grave nas últimas décadas. Sendo assim, os níveis de água nos reservatórios foram diretamente influenciados pelas chuvas em torno da bacia hidrográfica.

A similaridade das águas superficiais dos reservatórios definida pela análise de agrupamento hierárquico (AAH) é mostrada no dendrograma (Figura 2). Observa-se que há presença de 2 grupos, formado a partir do ponto de corte, definido pelo segundo maior salto da distância reescalada, assim efetuou-se, ponto de corte no valor 5 da distância reescalada.

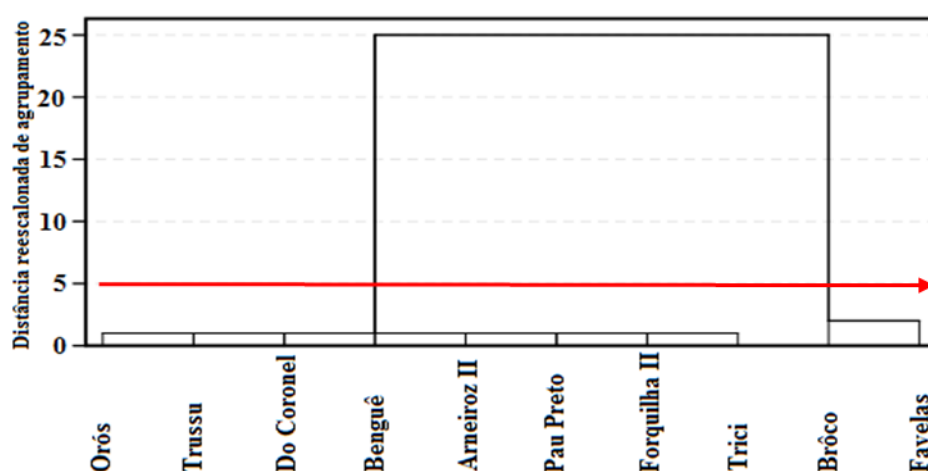


Figura 2 – Dendrograma da AAH quanto à similaridade entre os reservatórios da sub-bacia do Alto Jaguaribe, Ceará, Brasil.

Os grupos formados pela AAH foram divididos em dois grupos e os 2 reservatórios que ficaram separados no grupo 2 foi o Brôco e Favelas, segundo Silva & Araújo Neto (2016), avaliando a qualidade das águas superficiais para fins de irrigação durante o período de 2001 a 2015 na sub-bacia do Alto Jaguaribe, afirmaram que os reservatórios Brôco e Favelas obtiveram as maiores concentrações de sais dentre os reservatórios estudados.

#### 3.1 Qualidade q<sub>i</sub> para avaliação do ISal

Os limites para o enquadramento dos valores de medida de cada parâmetro de qualidade q<sub>i</sub> (qualidade do iésimo parâmetro) estão apresentados na Tabela 5 e foram determinados com base nos padrões de qualidade de água para irrigação proposto pelo University of California Committee of Consultants – UCCC e nos critérios estabelecidos por Ayers e Westcot (1999).

$q_i$	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Mg <sup>+2</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )
85 - 100	0,200 ≤ CE < 0,750	1 ≤ Cl <sup>-</sup> < 4	2 ≤ Na <sup>+</sup> < 3	1 ≤ Mg <sup>+2</sup> < 9
60 - 85	0,750 ≤ CE < 1,500	4 ≤ Cl <sup>-</sup> < 7	3 ≤ Na <sup>+</sup> < 6	9 ≤ Mg <sup>+2</sup> < 12
35 - 60	1,500 ≤ CE < 3,000	7 ≤ Cl <sup>-</sup> < 10	6 ≤ Na <sup>+</sup> < 12	12 ≤ Mg <sup>+2</sup> < 15
0 - 35	CE < 0,200 ou CE ≥ 3,000	Cl <sup>-</sup> < 1 ou Cl <sup>-</sup> ≥ 10	Na <sup>+</sup> < 2 ou Na <sup>+</sup> ≥ 12	Mg <sup>+2</sup> < 1 ou Mg <sup>+2</sup> ≥ 15

Tabela 2 - Valores limites definidos para os parâmetros utilizados no cálculo de  $q_i$   
Adaptado de Araújo Neto et al. (2014).

A qualidade da água para cada parâmetro foi representada por um número adimensional que variou de 0 a 100, de modo que quanto maior o valor, melhor a qualidade da água para aquele parâmetro. Critérios similares para desenvolvimento dos  $q_i$  foram utilizados por Meireles *et al.* (2010) nas águas superficiais da bacia do Acaraú, Ceará.

### 3.2 Mapas de $q_i$

Na Figura 2 verifica-se os mapas dos  $q_i$  para a bacia do Alto Jaguaribe, dos indicadores Cloreto (Figura 3A) e Sódio (Figura 3B). Observa-se que para os valores de  $q_i$  para o Cloreto, (Figura 3A), apresentando a maior parte dos valores de  $q_i$  na classe entre 85 a 100. Tais resultados mostram menores riscos de uso da água para irrigação em comparação com os valores de  $q_i$  para o Sódio, uma vez que os valores variaram mais entre as classes de 60 a 85 e de 85 a 100 (Figura 3B).

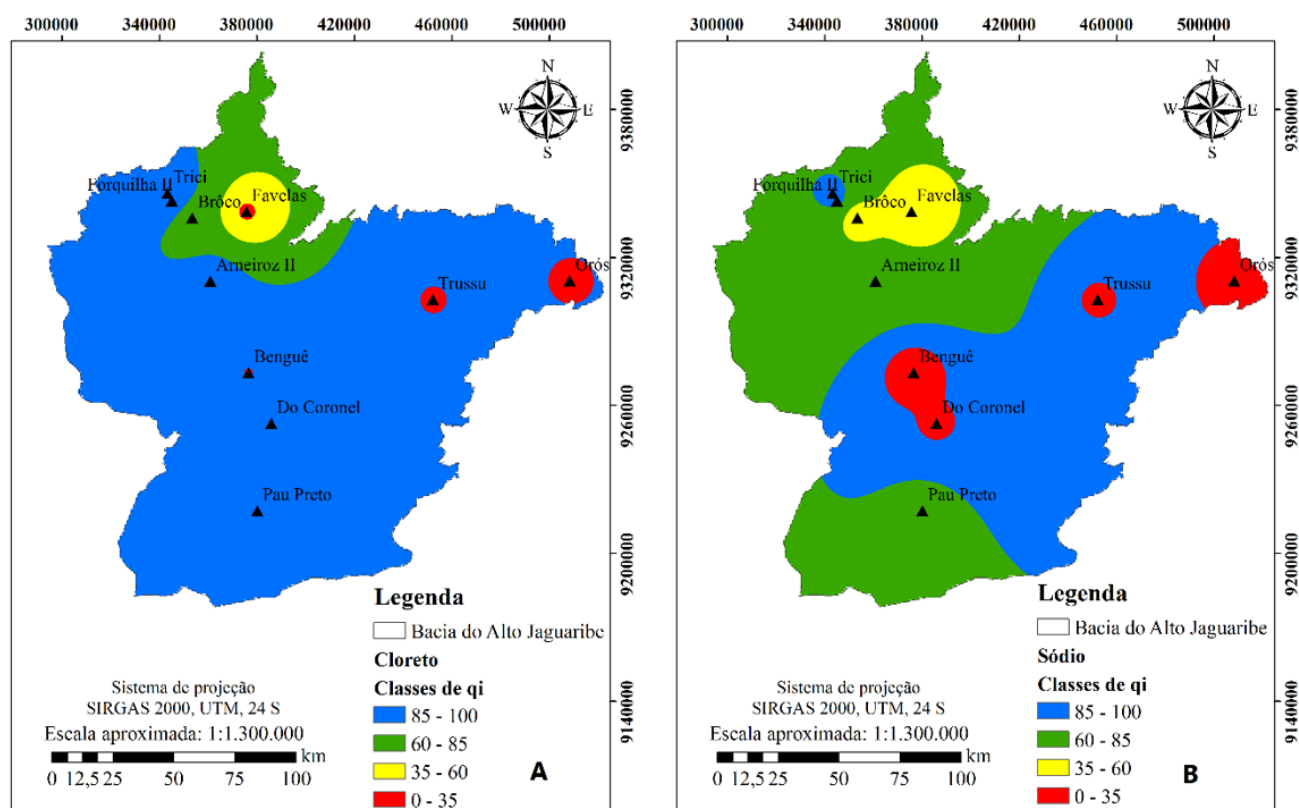


Figura 3: Mapas do  $q_i$  para a bacia do Alto Jaguaribe (A) Cloreto e (B) Sódio

Quanto ao parâmetro do Cloreto, observa-se na Figura 3A a existência de quatro regiões com alta restrição ao uso da água na irrigação na bacia do Alto Jaguaribe. A primeira zona de alta restrição quanto ao Cl<sup>-</sup> é caracterizada por apresentar baixos valores do q<sub>i</sub> em decorrências de elevadas concentrações desse parâmetro, principalmente nos reservatórios Favelas, Trussu, Orós e uma pequena parte do Benguê. Altas concentrações de cloreto também foram observadas por Andrade *et al.* (2010). Concentrações de cloreto (Cl<sup>-</sup> > 3 mmolc L<sup>-1</sup>) podem ocasionar toxidez à maioria das culturas, bem como gerar problemas de salinização do solo.

De acordo com Ayers e Westcot (1999), elevados teores de Cloreto podem ser tóxicos para diversas culturas, e que a irrigação por aspersão pode ocasionar problemas de queima das folhas e consequentes perdas de produtividade.

Considerando-se o mapa do Sódio (Figura 2B), observa-se que baixos valores de q<sub>i</sub> foram verificados em quatro reservatórios. Esse fato é atribuído as baixas concentrações de Sódio, notadamente < 2 mmolc L<sup>-1</sup> que gera baixos valores dos pesos q<sub>i</sub> (Tabela 2). Esses valores de concentrações foram verificados principalmente nas regiões de drenagem de água em estruturas geológicas sedimentares que é o caso do Benguê, Do Coronel, Trussu e Orós. Baixas concentrações de Na<sup>+</sup> quando associados a baixas salinidades podem provocar problemas severos de sodificação dos solos (ANDRADE *et al.*, 2006).

Pelos mapas de q<sub>i</sub> para os parâmetros Magnésio e Condutividade Elétrica (Figura 4), observa-se que os pesos de q<sub>i</sub> para Magnésio foi extremamente baixo em quase toda a Bacia do Alto Jaguaribe, (Figura 4A).

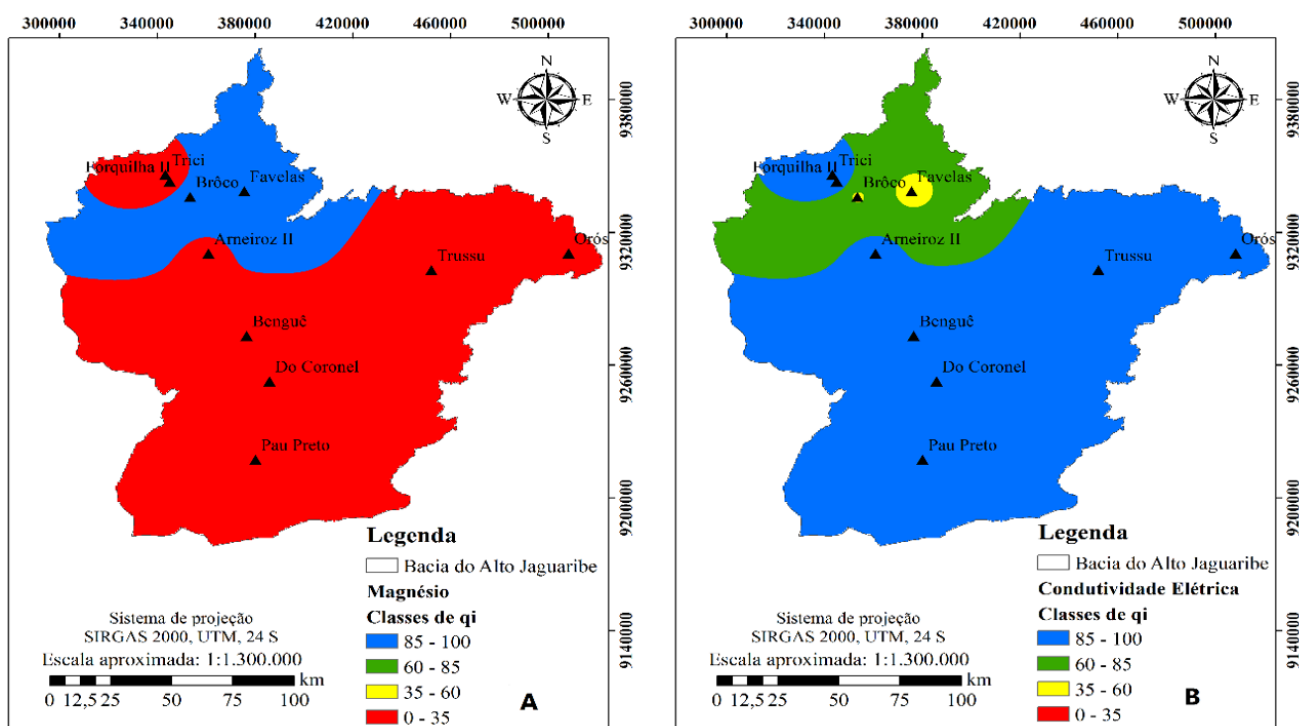


Figura 4: Mapas do q<sub>i</sub> para a bacia do Alto Jaguaribe (A) Magnésio e (B) Condutividade Elétrica (CE).



Observa-se ainda a grande preocupação dos baixos valores de Magnésio em grande parte dos reservatórios. Segundo Junior et al (2014) em termos de salinidade, pode ser um grave risco para uso na irrigação pelo fato de comprometer a relação Na/Ca+Mg, sendo que baixas concentrações de  $Mg^{+2}$  pode potencializar o efeito dispersante do sódio.

Os valores de  $q_i$  para a CE (Figura 4B) com a maioria dos reservatórios apresentando valores de  $q_i$  entre 85-100, no entanto, é válido destacar que o reservatório Favelas foi o que teve baixa concentração de CE em relação aos demais além de uma pequena parte do reservatório Brôco com águas de altas restrições quanto a condutividade elétrica foram verificadas. Uma baixa concentração de CE já foi encontrada em outro reservatório do semiárido. Alta evaporação potencial do semiárido favorece a concentração de sais e junto com o superdimensionamento do reservatório Pompeu Sobrinho, que ocasiona longos períodos sem renovação das águas por extravasamento, sendo a última ocorrida em 1974, o que proporciona o acúmulo de sais (PALÁCIO *et al.*, 2011).

### 3.2.1 Mapa do Índice de Salinidade (ISal)

A qualidade da água em forma de um índice apresenta grande vantagem de ser facilmente assimilável pela comunidade, pois os resultados são expressos em forma de números adimensionais entre zero (qualidade muito ruim, ou seja, inadequada) e 100 (água excelente, ou seja, água sem e/ou com baixa restrição de uso), (JUNIOR *et al.*, 2014).

O Índice de Salinidade proposto para as águas dos reservatórios da bacia do Alto Jaguaribe apresentou valores variados (Figura 5), com percentuais para as classes salinidade (Tabela 1), sendo a maioria com baixa restrição seguido por moderada, alta, nenhuma restrição e nenhum valor na classe restrição severa, respectivamente.

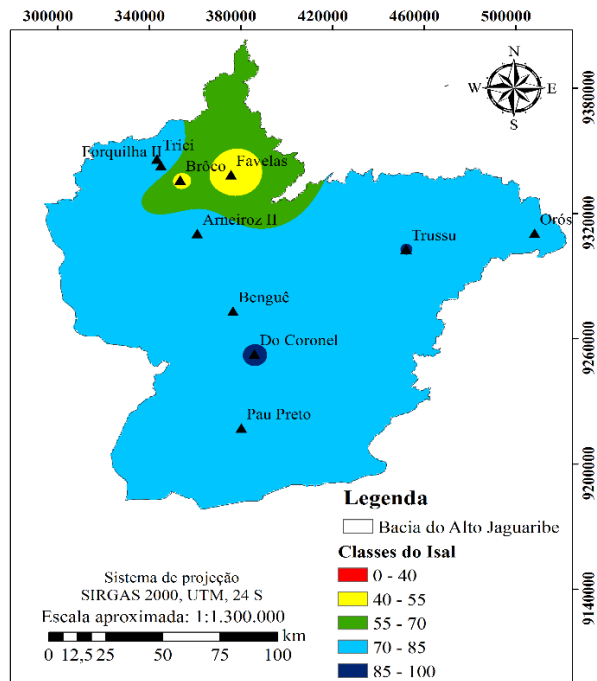


Figura 5: Índice de Salinidade das águas superficiais dos reservatórios da bacia do Alto Jaguaribe enquadrado na classificação da Tabela 1

Valores mais baixos do ISal e restrições de alta a moderada foram verificadas em principalmente 2 reservatórios da bacia do Alto, área isolada da bacia do Alto Jaguaribe marcadas da cor verde e amarela: O primeiro açude é o Brôco seguido do Favelas (Figura 5). Restrições moderadas a alta, de acordo com as classes da Tabela 1, verificadas por uma pequena parte da bacia do Alto Jaguaribe devem-se aos elevados valores de sais verificados, principalmente o Cloreto ( $7,09 \text{ mmol L}^{-1}$ ), Sódio ( $8,39 \text{ mmol L}^{-1}$ ) e a CE ( $1,58 \text{ dS m}^{-1}$ ) e o outro reservatório com Cloreto ( $10,37 \text{ mmol L}^{-1}$ ), Sódio ( $8,23 \text{ mmol L}^{-1}$ ) e CE ( $1,69 \text{ dS m}^{-1}$ ), sendo o Brocô e Favelas respectivamente, o que definem os baixos valores dos pesos  $q_i$  e conseqüentemente do ISal.

Valores de CE próximos já foram encontrados em outro reservatório do Estado. Pompeu Sobrinho ( $CE = 2,15 \text{ dS m}^{-1}$ ) é o de maior problema de salinidade no Estado, devendo-se ao fato do superdimensionamento do açude, que ocasiona longos períodos sem renovação das águas, agravando o processo de acumulação de sais ao longo do tempo proporcionado pela evaporação (PALÁCIO *et al.*, 2011).

No entanto valores baixos de salinidade é encontrado na maior parte da bacia do Alto Jaguaribe. Baixos valores de salinidade podem resultar em lixiviação dos sais, o que torna um risco para o uso na irrigação (JUNIOR *et al.*, 2014). Autores como Freire *et al.* (2003), Andrade *et al.* (2006) e Meireles *et al.* (2007) apontam a necessidade de um controle criterioso da água usada na irrigação quando a CE apresenta valores inferior a ( $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ).

## 4 | CONCLUSÃO

O parâmetro Magnésio foi o que determinou mais áreas de restrições em quase toda a bacia Alto Jaguaribe em decorrência de baixas concentrações que quando associados a baixas salinidades podem provocar problemas severos de sodificação dos solos, seguidos na ordem de restrição por Sódio, Cloreto e Condutividade elétrica. Não houve diferença significativa na avaliação sazonal no Índice de Salinidade (ISal) das águas superficiais dos reservatórios da bacia do Alto Jaguaribe.

A técnica estatística multivariada, através da análise de agrupamento hierárquico (AAH), mostrou-se uma ferramenta eficiente para definir grupos entre os reservatórios quanto à similaridade dos valores médios dos parâmetros utilizados.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a FUNCAP pelo apoio financeiro e pelas bolsas de produtividade e de iniciação científica.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. M.; BATISTA, T. M.; TEIXEIRA, A. S.; MEIRELES, M.; SOUSA, B. F. S. Mapa de vulnerabilidade da bacia do Acaraú, Ceará, à qualidade das águas de irrigação, pelo emprego do GIS. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 03, p. 279-286, 2006.

ARAÚJO, J. C. Recursos Hídricos em regiões semiáridas. p.33. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (Ed.) Recursos Hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações, 258p. Instituto Nacional do Semiárido – INSA e Universidade Federal do Recôncavo Bahiano – UFRB, 2012.

ARAÚJO NETO, J. R.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; GUERREIRO, M. J. S. PALÁCIO, H. A. Q. Proposta de índice da salinidade das águas superficiais de reservatórios do Ceará, Brasil. *Revista Agro@ambiente On-line*, V.8, n.2, p.184-193, 2014.

ARAÚJO Neto, J. R., de SALES, M. M., MEIRELES, A. C. M., de Queiroz Palácio, H. A., & Chaves, L. C. G. Modelagem da estrutura iônica das águas superficiais de reservatórios da bacia Metropolitana do Ceará, Brasil usando regressão linear múltipla. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.8 n.1, p. 29-38, 2014.

ARRAES, F. D. D. Dinâmica do balanço de energia na bacia hidráulica do açude Orós e suas adjacências. 2010. 31 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura: estudos, irrigação e drenagem**. Manual FAO 29. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

CRUZ, R. C., CRUZ, J. C., DA SILVEIRA, G. L., VILELLA, F. S. Tendências na Análise de Impactos da Implementação de Barragens: Lições do Estudo de Caso das Barragens de Uso Múltiplo da Bacia do Rio Santa Maria, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, p. 47-66, 2010.

FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M.; FERREIRA, J. R.; FERNANDES, C. N. V.; ANDRADE, A. C.; AZEVEDO, B. M.; SARAIVA, K. R. Avaliação da qualidade da água do distrito de irrigação Tabuleiros

- Litorâneos do Piauí – DITALPI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 3, p. 213 - 223, 2013.
- FREIRE, M. B. G. S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 227-232, 2003.
- FUNCEME. Calendário das chuvas no Estado do Ceará. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/municipios/chuvas-diarias>. Acesso em: 11 jun. 2017.
- LOPES, L. B.; TEIXEIRA, A. S.; ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; ARAÚJO, L. F. P. Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e Geoprocessamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p. 392-402, 2008.
- MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 20, p. 1-12, 2016.
- MASSOUD, M. F. Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 7, p. 4151- 4160, 2012.
- MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G.; FRISCHKORN, H.; CRISOSTOMO, L. A. A new proposal of the classification of irrigation water. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 349-357, 2010.
- MEIRELES, A. C. M.; FRISCHKORN, H.; ANDRADE, E. M. Sazonalidade da qualidade das águas do açude Edson Queiroz, bacia do Acaraú, no Semiárido cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 25-31, 2007.
- MENDES, J. S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B. Qualidade de águas para fins de irrigação da região do Congo, PB. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p.131-138, 2008.
- PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R.; MEIRELES, A. C. M.; CHAVES, L. C. G.; Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 395-402, 2011.
- SANTOS, J. C. N.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; ARAUJO NETO, J. R. Modelagem da concentração de sódio, cálcio e magnésio nas águas superficiais da bacia do rio Acaraú. In: XIX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem – CONIRD, Montes Claro. **Anais...** Montes Claros – MG, 2009.
- SILVA, E. B.; ARAÚJO NETO, J. R. Caracterização das variáveis hidroquímicas na sub-bacia do Alto Jaguaribe, Ceará utilizando análise multivariada e SIG. *Revista Engenharia na Agricultura*, V.24, n.5, p. 417-426, 2016.
- SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. **Qualidade de Água na Irrigação**. ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido, v.07, n 03, 2011.
- SOUZA, J.R.; MORAES, M.E.B.; SONODA, S.L; SANTOS, H.R.G; **A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil**. REDE Revista Eletrônica do Prodema, v.8, n.1, p. 26-45, abr. 2014, Fortaleza, Brasil.

## SOBRE OS ORGANIZADORES

**JORGE GONZÁLEZ AGUILERA** Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialização em Biotecnologia Vegetal pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura. Tem atuado principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de *vitroplantas*. Tem experiência na multiplicação “*on farm*” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; *Trichoderma*, *Beauveria* e *Metharrizum*, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br)

**ALAN MARIO ZUFFO** Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com)

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-041-4

