

# 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**

## AJUSTE MENSAL DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI PARA O MUNICÍPIO DE IGUATU/CE

### **Gilbenes Bezerra Rosal**

Graduando do Curso Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, campus Iguatu-Ceará.

Email: gilbenesbezerrarosal@gmail.com

### **Eugenio Paceli de Miranda**

Prof. Doutor IFCE, Iguatu - Ceará, Email:

eu.paceli@yahoo.com.br.

### **Rayane de Moraes Furtado**

Graduando do Curso Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, campus Iguatu-Ceará.

### **Tatiana Belo de Sousa Custódio**

Graduando do Curso Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, campus Iguatu-Ceará.

### **Cristian de França Santos**

Graduando do Curso Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, campus Iguatu-Ceará.

**RESUMO:** A determinação da evapotranspiração é um componente fundamental para o balanço hídrico e para o manejo da irrigação o que garante o uso racional de água e energia. O objetivo desse estudo é fazer uma avaliação mensal da evapotranspiração de referência diária usando o método de Hargreaves-Samani, comparando com a equação de Penman-Monteith FAO-56 para o município de Iguatu-Ceará e parametrizar os coeficientes de ajustes mensais ( $\alpha = 0,0023$  e  $\beta = 0,5$ , valores originais) para aumentar o desempenho do método. Para avaliar o desempenho antes e

após a parametrização foram usados o índice de concordância de Camargo e Sentelha (c), o Erro Padrão de Estimativa (EPE) e o Erro Absoluto Médio (EAM). Foram coletados dados diários da temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa máxima (URmax), umidade relativa mínima (URmin), velocidade do vento (vv) e insolação (n). Na comparação mensal da equação original de Hargreaves-Samani com a equação de Penman-Monteith, o melhor desempenho foi para o mês de fevereiro, cujo índice de concordância foi de 0,7496, classificado como mediano. Com a parametrização, o melhor desempenho foi para o mês de janeiro, com um índice de concordância de 0,8779, classificado como muito bom. Observou-se também uma melhora nos EPE e EAM.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanço hídrico; Manejo de irrigação; Penman-Monteith.

**ABSTRACT:** The determination of evapotranspiration is a fundamental component for water balance and for irrigation management, which guarantees the rational use of water and energy. The objective of this study is to make a monthly evaluation of the daily reference evapotranspiration using the Hargreaves-Samani method, comparing with the Penman-Monteith FAO-56 equation for the municipality of Iguatu-Ceará and to produce coefficients of



monthly adjustments ( $\alpha = 0,0023$  e  $\beta = 0,5$ , original values) to increase the performance of the method. To evaluate performance before and after parameterization were used the Camargo and Sentelha (c), Standard Error of Estimate (EPE) and Mean Absolute Error (EAM) values. Were collected daily data of the maximum temperature (Tmax), minimum temperature (Tmin), maximum relative humidity (URmax), minimum relative humidity (URmin), wind speed (vv) and insolation (n). In the monthly comparison of the Hargreaves-Samani equation with the Penman-Monteith equation, the best performance was for the month of February, whose agreement index was 0.7496, for the month of February, classified as medium. With the adjusted equation, the best performance was for the month of January, with a concordance index of 0.8779, classified as very good. There was also an improvement in EPE and EAM.

**KEYWORDS:** Water balance; Irrigation management; Penman-Monteith.

## INTRODUÇÃO

O manejo da irrigação pode ser feita através da medição direta da umidade do solo e conjuntamente com outros parâmetros físicos do solo e da cultura é possível determinar a lâmina de irrigação. Para isso pode-se utilizar de equipamentos, sondas ou sensores, mas antes é necessário calibrá-los para o solo e para profundidade em que se deseja fazer o manejo da irrigação. Outro procedimento é através da estimativa da quantidade de água consumida pela cultura e perdida pelo processo de evaporação da água pela superfície do solo, que é denominada de evapotranspiração da cultura.

A evapotranspiração de referência foi definida por Thornthwaite em 1948 como a perda de água de uma extensão superfície vegetada, de porte rasteiro, em fase de desenvolvimento ativo e sem limitação hídrica (FRANCISCO et al., 2017).

Bezerra et al. (2014) afirma que a evapotranspiração é um fator preponderante no balanço hídrico, estudos de modelagem, caracterização de riscos climáticos e manejo de irrigação. Sendo um dos principais componentes do ciclo hidrológico (ALENCAR et al., 2011). Para Bezerra et al. (2014) a evapotranspiração pode ser usada para o estabelecimento de um desenvolvimento sustentável na gestão da água. Para Santos et al. (2017) a evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo à planta.

O manejo da irrigação, seja por meio do uso da evapotranspiração ou por outro método, leva ao uso racional da água e conseqüentemente também ao uso racional da energia. Coelho (2007) afirma que a energia usada em sistema de irrigação pressurizado pode representar 70% dos custos variáveis. Para Marcusso e Wendland (2010) para uma área de um hectare irrigado o custo com energia elétrica representou 19,7% dos custos totais. Entretanto, durante o dimensionamento de sistema de irrigação a preocupação dos técnicos é quase que exclusivamente hidráulico.

Existem métodos de estimativa da evapotranspiração bastantes simples que requerem apenas dados de temperatura, até métodos mais complexos baseados em

modelos físicos, que exigem vários dados de entrada, como o método de Penman-Monteith, considerado como o método padrão pela FAO (CARVALHO; DELGADO, 2016).

Entretanto, o método de Penman-Monteith requer variáveis meteorológicas muitas vezes não disponíveis, motivo pelo qual muitas pesquisas buscam avaliar métodos que utilizam um menor número de parâmetros climáticos e que apresentam um bom desempenho (KALLAL et al., 2017), levando à utilização de equações empíricas, por serem mais viáveis e práticas (SANTIAGO et al., 2017). Ainda segundo Kallal et al. (2017), diferenças de clima e condições atmosféricas de cada região justificam as diferenças nas estimativas de cada método e demandam estudos regionais e sazonais para identificar o método mais adequado às condições locais.

O método de Hargreaves e Samani é sugerido por Allen et al. (1998) como uma opção para estimar a evapotranspiração de referência, precisa apenas de temperatura do ar. Entretanto, muitos trabalhos têm sido realizados propondo ajustes locais para esse método (MEHDIZADEH et al., 2017; COBANER et al., 2017).

Com o objetivo de avaliar o desempenho dos métodos empíricos para estimar a evapotranspiração de referência para Piracicaba, São Paulo, Nascimento et al., (2017) comparando-os ao método padrão de Penman-Monteith, o método de Hargreaves-Samani foi um dos que apresentaram os melhores desempenhos. Vieira et al. (2017) avaliando o desempenho da equação de Hargreaves-Samani em sete municípios do estado do Espírito Santo encontraram desempenho deste ótimo até sofrível.

Para Lima et al. (2017) avaliando os métodos de Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Radiação solar para Maceió, Alagoas, o método de Hargreaves-Samani foi o que apresentou o pior resultado. O mesmo foi constatado por Andrade Júnior et al. (2017) avaliando os métodos de Hargreaves-Samani, Priestley-Taylor e Thornthwaite para o estado do Piauí, esses autores verificaram que o desempenho do método de Hargreaves-Samani foi classificado de “mau” a “péssimo”. Resultados semelhantes foram encontrados por Alencar et al. (2011) para três municípios de Minas Gerais e por Santos et al. (2017).

Vários trabalhos têm sido realizados com o intuito de fazer um ajuste local para equação de Hargreaves-Samani (BORGES JÚNIOR, 2017; BUCIO et al., 2014; COBANER et al., 2016; FENG et al.; 2017; ISSAKA et al., 2017; JERSZURKI e SOUZA, 2013; MACÊDO et al., 2017; MEHDIZADEH et al.; 2017). Macêdo et al. (2017) verificaram que o ajuste dos parâmetros da equação de Hargreaves-Samani proporcionou melhores resultados que o modelo original, que antes foi considerado inadequado para o local de estudo.

## OBJETIVO

O objetivo desse estudo é fazer uma avaliação mensal da evapotranspiração de referência diária usando o método de Hargreaves-Samani, comparando com a

equação de Penman-Monteith FAO-56 para o município de Iguatu-Ceará e parametrizar mensalmente os coeficientes da equação de Hargreaves-Samani ( $\alpha = 0,0023$  e  $\beta = 0,5$ , valores originais).

## METODOLOGIA

O ajuste da equação de Hargreaves-Samani foi feito para o município de Iguatu/CE, localizado a uma latitude de 06° 21' 34" S e a uma longitude de 39° 17' 55" O. A pluviosidade no município é de 1.079 mm anuais, com chuvas concentradas de janeiro a maio. Com temperaturas que variam, conforme a época do ano e local, de mínimas de aproximadamente 20°C até máximas de 35°C. As médias térmicas mensais, no entanto, giram entre 25 °C e 29 °C.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o município apresenta clima BSw'h' (semiárido quente).

Os dados meteorológicos diários foram obtidos junto ao portal do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para: temperatura máxima (T<sub>máx</sub>), temperatura mínima (T<sub>min</sub>), umidade relativa máxima (UR<sub>max</sub>), umidade relativa mínima (UR<sub>min</sub>), velocidade do vento (vv), insolação (n).

A avaliação do desempenho da equação foi feito com o método da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith FAO-56, considerada como método padrão (Equação 1).

$$ET_{oPM} = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_{med} + 273} \cdot v_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot v_2)} \quad (1)$$

Em que: ET<sub>oPM</sub> – evapotranspiração de referência Penman-Monteith (mm dia<sup>-1</sup>);  $\Delta$ - declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>); Ra – radiação líquida (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); G – densidade do fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);  $\gamma$  - constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>); T<sub>med</sub> – temperatura média diária do ar (°C); v<sub>2</sub> – velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>); e<sub>a</sub> – pressão parcial de vapor (kPa); e<sub>s</sub> – pressão de saturação de vapor (kPa).

A análise dos dados foi feita através do índice de concordância de Camargo e Sentelha (Equação 2).

$$c = d \cdot r \quad (2)$$

Em que: c – índice de concordância de Camargo e Sentelha (adimensional); d – índice de Willmott (adimensional) e r – coeficiente de correlação de Pearson (adimensional).

A determinação do índice de Willmott (d) foi feita através da Equação 3.

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (3)$$

Em que:  $P_i$  - i-ssimo valor do método a ser ajustado;  $O_i$  – i-ssimo valor do método padrão;  $\bar{O}$  – valor médio do método padrão.

A classificação do desempenho do índice de concordância de Camargo e Sentelha (c) é feita de acordo com a Tabela 1.

Índice de desempenho (c)	Classificação
>0,85	Ótimo
0,76 – 0,85	Muito Bom
0,66 – 0,75	Bom
0,61 – 0,65	Mediano
0,51 – 0,60	Sufrível
0,41 – 0,50	Mal
<= 0,40	Péssimo

Tabela 1. Critérios de classificação do índice de desempenho (c).

Os índices do Erro Padrão de Estimativa (EPE) e o Erro Absoluto Médio (EAM) são mostrados, respectivamente, nas equações 4 e 5.

$$EPE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n - 1} \right]^{0,5} \quad (4)$$

EPE – erro padrão de estimativa ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $O_i$  – estimativa do método padrão ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $P_i$  – estimativa do método avaliado ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $n$  – número de observações.

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - O_i|}{n} \quad (5)$$

EAM – erro absoluto médio ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $O_i$  – estimativa do método padrão ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $P_i$  – estimativa do método avaliado ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $n$  – número de observações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes de concordância “c” antes e após a parametrização para cada mês são apresentados na Tabela 2.

É possível observar que a parametrização melhorou o coeficiente de desempenho “c” em oito dos doze meses, em quatro meses piorou, maio, julho, setembro e outubro. Entretanto, nos meses de maio, julho e setembro as diferenças entre a EToPM e EToHS



mensal, caíram de 19%; 28,7% e 31,4% para 0,13%; 3,7% e 0,07%, respectivamente, indicado que a parametrização aproximou os dados entre o método de Penmam-Monteith e HargreavesSamani, apesar do índice de concordância “c” afirmar o contrário.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do Erro Padrão Estatístico (EPE) e do Erro Absoluto Médio (EAM) antes e após a parametrização.

Para o erro padrão estatístico (EPE) a parametrização melhorou o desempenho do método de Hargreaves-Samani para onze meses, exceto para o mês de outubro. Para o erro absoluto médio (EAM), o desempenho do método após a parametrização melhorou em dez meses, exceto para os meses de fevereiro e outubro.

Meses	Antes da parametrização		Após a parametrização	
	Índice “c” Classificação	Índice “c”	Índice “c”	Classificação
Janeiro	0,6173	Mediano	0,8960	Ótimo
Fevereiro	0,7496	Bom	0,8450	Muito bom
Março	0,5423	Sofrível	0,7350	Bom
Abril	0,7679	Muito bom	0,8779	Ótimo
Mai	0,3722	Péssimo	0,1869	Péssimo
Junho	0,4713	Mau	0,7818	Muito bom
Julho	0,3323	Péssimo	0,2128	Péssimo
Agosto	0,2480	Péssimo	0,4354	Mau
Setembro	0,2323	Péssimo	0,0557	Péssimo
Outubro	0,5668	Sofrível	0,4171	Mau
Novembro	0,4958	Mau	0,6729	Bom
Dezembro	0,6176	Mediano	0,7796	Muito bom
Média	0,5011		0,5746	

Tabela 2. Índices de concordância mensal “c” para a equação original de Hargreaves-Samani e parametrizada.

Com relação aos três índices de comparação entre os dois métodos, o mês de outubro foi o único mês em que o desempenho piorou para esses três índices, o que também pode ser explicado pela diferença entre os valores mensais entre os métodos antes e depois da parametrização que aumentou de 14,9% para 23,1%. Verifica-se então, que há discordâncias entre os resultados apresentados pelos três índices para os meses de fevereiro, maio e julho. Oliveira (2016) em um estudo para avaliar diferentes técnicas no estudo de concordância entre métodos verificou que nenhum índice é eficiente para explicar sozinho a comparação de desempenho entre esses métodos.

Na Tabela 4 são apresentados os valores dos coeficientes “ $\alpha$ ” e “ $\beta$ ” após a parametrização.

Meses	Antes da parametrização		Após a parametrização	
	EPE	EAM	EPE	EAM
Janeiro	2,2665	1,9787	0,9416	0,7525
Fevereiro	0,8413	0,6886	0,6272	5,2414
Março	1,0187	0,8562	0,6035	0,5002
Abril	0,1408	0,4881	0,0456	0,3871
Maio	0,2416	1,0105	0,0764	0,6040
Junho	0,2457	1,1939	0,0834	0,3123
Julho	2,1249	1,9121	0,9226	0,6413
Agosto	2,8835	2,7404	1,1191	0,9597
Setembro	2,7907	2,6121	0,7167	0,5651
Outubro	1,1766	1,0544	1,4920	1,3020
Novembro	1,1334	1,0099	0,4482	0,3493
Dezembro	1,3507	1,1006	0,8859	0,6879

Tabela 3. Erro padrão estatístico (EPE) e erro absoluto médio (EAM) para a equação original de Hargreaves-Samani e parametrizada.

Meses	Coeficientes parametrizados	
	$\alpha$	$\beta$
Janeiro	0,00116	0,90832
Fevereiro	0,00198	0,61975
Março	0,00126	0,85029
Abril	0,00083	0,96569
Maio	0,00650	0,01526
Junho	0,00455	0,31166
Julho	0,01108	0,00709
Agosto	0,01104	0,00000
Setembro	0,01192	0,00000
Outubro	0,00353	0,39272
Novembro	0,00469	0,28108
Dezembro	0,00135	0,79385

Tabela 4. Coeficientes após a parametrização para a equação de Hargreaves-Samani.

## CONCLUSÕES

A parametrização mensal mostrou que os coeficientes “ $\alpha$ ” e “ $\beta$ ” para a equação de Hargreaves-Samani variaram mensalmente para o município de Iguatu-Ceará e melhorou o desempenho desse método.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, L.P.; SADIYAMA, G.C.; WANDERLEY, H.S.; ALMEIDA, T.S.; DELGADO, R.C. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades no Norte de Minas Gerais. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 5, p. 437-449, 2011.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56. Roma, 1998.

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; SILVA, C.O.; SOUSA, V.F.; RIBEIRO, V.Q. Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência no estado do Piauí. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.25, n.1, p. 193-202, ago 2017.

BEZERRA, J.M.; MOURA, G.B.A.; SILVA, E.F.F.; LOPES, P.M.O.; SILVA, B.B. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para Mossoró (RN, Brasil). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 211-220, 2014.

BORGES JÚNIOR, J.C.F.; OLIVEIRA, A.L.M.; ANDRADE, C.L.T.; PINHEIRO, M.A.B. Equação de Hargreaves-Samani calibrada em diferentes bases temporais para Sete Lagoas, MG. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.25, n. 1, p. 38-49, 2017.

BUCIO, H.A.K.; BÂ, K.M.; HERNÁNDEZ, F.M.; MORÁLEZ, S.S.; LÓPEZ, D.R. Recalibración regional de Hargreaves (HE y Krs) en México. **Revista Ingeniería Agrícola**, v. 4, n. 4, p. 14-18, 2015.

CARVALHO, R.L.S.; DELGADO, A.R.S. Estimativas da evapotranspiração de referência do município de Ariquemes (RO) utilizando os métodos Penman-Monteith-FAO e Hargreaves-Samani. **Rev. Bras. Agric. Irr.**, v. 10, n. 6, Fortaleza, p. 1038-1048, 2016.

COBANER, M.; CITAKOGLU, H.; HAKTANIR, T.; KISI, O. Modifying Hargreaves-Samani equation with meteorological variables for estimation of reference evapotranspiration in Turkey. **Hydrology Research**, v. 48, n. 2, p. 480-497, 2016.

COBANER, M.; CITAKOGLU, T., KISI, O. Modifying Hargreaves-Samani equation with meteorological variables for estimation of reference evapotranspiration in Turkey. **Hydrology Research an International Journal**. V. 48, n. 2.

COELHO, R.D. Contribuições para a irrigação pressurizada no Brasil. 2007, 205 p. Tese de LivreDocência. Departamento de Engenharia Rural. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

FENG, Y.; JIA, Y.; CUI, N.; ZHAO, L.; LI, C.; GONG, D. Calibration of Hargreaves model for reference evapotranspiration estimation in Sichuan basins of southwest China. **Agricultural Water Management**, v. 181, p. 1-9, 2017.

FRANCISCO, P. R.M.; MEDEIROS, R. M.; MATOS, R.M.; SANTOS, D.; SABOYA, L.M.F. Evapotranspiração de referência mensal e anula pelo método de Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13, v. 20, 2017.

HALLAL, M.O.C.; SCHÖFFEL, E.R.; BRIXNER, G.F.; CUNHA, A.R. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Pelotas, Rio Grande do Sul. **Rev. Cien. Agrar.**, v. 60, n. 1, p. 1-10, 2017.

ISSAKA, A.I.; PAK, J.; ABDELLA, K.; POLLANEN, M. Analysis and calibration or empirical relationships for estimating evapotranspiration in Qatar: case study. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 143, n. 2, 2017.

JERSZURKI, D.; SOUZA, J.L.M. Parametrização das equações de Hargreaves & Samani e

AngströmPrescott para estimativa da radiação solar na região de Telêmaco Borba, Estado do Paraná. **Ciência Rural**, v. 43, n.3, p. 383-389, 2013.

LIMA, F.G.; SÁ, M.B.; SILVA, J.C.; SILVA, C.B.; SANTOS, D.P.; SANTOS, M.A.L. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Maceió – AL. **Anais IN: IV Inovagri International Meeting, XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, III Simpósio Brasileiro de Salinidade**. Fortaleza, 2017.

MACÊDO, K.G.; ARRAES, D.D., LIMA JÚNIOR, J.C.; OLIVEIRA, W.C.; ARAUJO, Y.R. Ajuste dos parâmetros do modelo de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência em escala diária para maceió-AL. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 13, p. 1484-1491, 2017.

MARCUSSO, F.F.N.; WENDLAND, E. Otimização de rede de irrigação de micro aspersão usando algoritmos genéticos sob diferentes declividades e tarifação de água e energia elétrica. **Engenharia na Agricultura**, v. 18, n.1, p. 50-62, 2010.

MEHDIZADEH, S.; SAADATNEJADGHARAHASSNLOU, H.; BEHMANESH, J. Calibration of Hargreaves-Samani and Priestley-Taylor equations in estimating reference evapotranspiration in the Northwest of Iran. **Journal Archives of Agronomy and Soil Science**. V. 63, n. 7, 2017.

NASCIMENTO, J.G.; SOBENKO, L.R.; ELLI, O.A.; SANTOS, L.F.; MARIN, F.R. Comparação do desempenho de métodos indiretos para a estimativa da evapotranspiração de referência em Piracicaba-SP. **Anais IN: IV Inovagri International Meeting, XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, III Simpósio Brasileiro de Salinidade**. Fortaleza, 2017.

OLIVEIRA, E.P. Métodos para análise de concordância: estudo de simulação e aplicação a dados de evapotranspiração. 2016, 177 p. Tese de Doutorado em Ciências. Área de concentração: Estatística e Experimentação Agronômica. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

SANTIAGO, E.J.P.; OLIVEIRA, G.M.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; SILVA, R.R.; GONÇALVES, I.S.; SANTOS JÚNIOR, P.P. Ajuste da equação de Makkink para o município de Juazeiro-Bahia. **ANAIS IN: IV Inovagri International Meeting, XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, III Simpósio Brasileiro de Salinidade**. Fortaleza, 2017.

SANTOS, R. A.; SANTOS, E.P; SALES, R.A.; SANTOS, R.L. Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Feira de Santana (BA). **Rev. Bras. Agric. Irr.**, v. 11, n. 4, Fortaleza, p. 1617-1626, 2017.

SANTOS, R. A.; SANTOS, E.P; SALES, R.A.; SANTOS, R.L. Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Feira de Santana (BA). **Rev. Bras. Agric. Irr.**, v. 11, n. 4, Fortaleza, p. 1617-1626, 2017.

SANTOS, W. SÁ, M.B; COSTA, L.F.F.; SILVA, J.C.; SILVA, C.B.; SANTOS, M.A.L. Comparação de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Arapiraca-AL. **ANAIS IN: IV Inovagri International Meeting, XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, III Simpósio Brasileiro de Salinidade**. Fortaleza, 2017.

VIERIA, G.H.S. PETERLE, G.; LOSS, J.B.; LO MONACO, P.A.V; POLONI, C.M.M. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) no estado do Espírito Santo. **ANAIS IN: IV Inovagri International Meeting, XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, III Simpósio Brasileiro de Salinidade**. Fortaleza, 2017.



## ANÁLISE ESPACIAL DE EROSIVIDADE DAS CHUVAS PARA O MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB

### **Thiago César Cavalcante de Vasconcelos**

Faculdades Integradas de Patos, João Pessoa-PB.

### **Estéfanny Dhesirée Paredes Pereira**

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB.

### **Francicléa Avelino Ribeiro**

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB.

**RESUMO:** O presente artigo consiste em especializar a erosividade das chuvas para o município de João Pessoa (PB), a partir de uma série histórica para os anos de 2009, 2010 e 2011, com dados oriundos de nove postos pluviométricos, gerenciados pela Agência Executiva de Gestão de Águas (AESAs). A erosividade ou a capacidade da chuva em causar erosão (Fator R), é um dos fatores da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978). Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), ao modificarem o coeficiente de chuva proposto por Fournier (1960), elaboraram equação para o índice médio de erosão, também conhecido como EI, que implica valores de energia cinética para chuvas erosivas em solos desprovidos de vegetação, metodologia adotada para este trabalho. Após a coleta de dados, foram feitas tabulações e posteriormente mensurações

até chegar aos valores de precipitação em milímetros e de EI em Megajoule-milímetro-de-chuva por hectare-litro. A partir desses valores, as informações foram manipuladas no Sistema de Informações Geográficas (SIG), ArcGIS, para representações espaciais dos valores anuais de EI através de interpolações. Esta aplicação apontou valores e dimensionamento destes, quanto ao potencial erosivo das chuvas, especializando a dinâmica da energia cinética. Os valores mais representativos de erosividade, entre três anos, correspondem ao posto pluviométrico DFAARA, localizado ao nordeste do município, seguido dos postos: Marés (ao noroeste), CEDRES (ao oeste), e Mangabeira (ao leste).

**PALAVRAS-CHAVE:** erosão, erosividade, energia cinética, SIG, EI.

**ABSTRACT:** This article is to specialize erosivity for the city of João Pessoa (PB), for the years 2009, 2010 and 2011, data from nine rainfall stations, managed by the Executive Agency for Water Management (EFSA). The erosivity or the ability of rain to cause erosion (Factor R), is one of the factors of Equation Universal Soil Loss (USLE) developed by Wischmeier and Smith (1978). Lombardi Neto and Moldenhauer (1992), by modifying the rainfall coefficient proposed by Fournier (1960), developed equation for the average rate of erosion, also known as EI,

which means kinetic energy values for erosive rainfall in soils devoid of vegetation, methodology adopted for this work. After collecting data, tabulations were made and later measurements to reach the precipitation values in millimeters and in megajoules El-millimeter-of-rain per hectare-liter. From these values, the information was handled in the Geographic Information System (GIS), ArcGIS, for spatial representations of the annual values of EI through interpolations. This application pointed values and sizing of these, as the erosive potential of rainfall, specializing dynamics of kinetic energy in the most representative values of erosivity between three years correspond to the rank rainfall Dfaara, located to the northeast of the city, followed by posts: Marés (northwest), Cedres (west) and Mangabeira (east).

**Keywords:** erosion, erosivity, kinetic energy, GIS, EI.

## 1 | INTRODUÇÃO

As Ciências Ambientais e da Terra, abordam o conceito de erosão no meio acadêmico, principalmente na Geomorfologia, que explica a influência dos fatores externos no modelado da superfície terrestre.

A erosão dos solos e sua dinâmica devem ser compreendidos desde o início, ou seja, a partir do impacto das gotas de chuva nos solos, causando ruptura dos agregados que se intensificam a partir da energia cinética de uma chuva. (Guerra, 2010).

A erosividade ou a capacidade da chuva em causar erosão, é um fator da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), que foi revisada e atualizada por Wischmeier e Smith (1978), que propuseram equações para mensurar a intensidade da chuva em milímetros por hora e/ou numa intensidade máxima de trinta minutos obtidos por diagramas de pluviógrafos.

A dificuldade no monitoramento de dados em larga escala e ausência de diagramas de pluviógrafos, influenciou Lombardi Neto e Modenhauer (1980), a mudarem o coeficiente proposto por Fournier (1960), elaborando assim, uma forma de determinar o índice médio de erosão anual a partir da soma dos valores mensais.

Para Bertoni e Neto (2005), a distribuição das chuvas erosivas em uma determinada área, bem como o valor anual do índice de erosão, representado pela expressão “EI”, encaminha para um resultado relativo à energia cinética em Megajoule-milímetro-de-chuva por hectare-litro (MJ.mm/ha.L.), sendo esta, a melhor relação para mensurar o potencial erosivo da chuva.

A área de estudo escolhida para o trabalho de conclusão de curso foi o município de João Pessoa (PB), por apresentar precipitações elevadas (1.122,6 e 2.550,4 mm), em comparação a municípios do interior do Estado, está inserido na zona quente e úmida do nordeste brasileiro.

Assim, faz necessário analisar os índices médios anuais de erosão, comumente conhecido como erosividade, expressando valores de energia cinética das chuvas para

o município de João Pessoa (PB), em diferentes pontos da área estudada, enfatizando que a aplicação dessa metodologia é para solos desprovidos de vegetação.

Os dados trabalhados correspondem às precipitações mensais a partir de uma série histórica entre os anos de 2009, 2010 e 2011, de nove postos pluviométricos, a partir de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), a fim de se chegar aos valores de EI, ou seja, a energia cinética das chuvas.

Os valores mais representativos de erosividade, entre três anos, correspondem ao posto pluviométrico DFAARA, localizado ao nordeste do município, seguido dos postos: Marés (ao noroeste), CEDRES (ao oeste), e Mangabeira (ao leste).

## 2 | OBJETIVO

Analisar e especializar em mapas, valores dos índices médios anuais de erosão, ou seja, a erosividade anual, através de uma série histórica para os anos de 2009, 2010 e 2011, a partir de dados de postos pluviométricos gerenciados pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), fazendo uma correlação entre os valores de precipitação (mm.), e da energia cinética das chuvas (MJ.mm/ha.L.), manipulando os dados em Sistema de Informação Geográfica (SIG), ArcGIS, produzindo resultados de interpolação, identificando o potencial das chuvas consideradas erosivas ou não para solos desprovidos de vegetação no município de João Pessoa, PB.

## 3 | METODOLOGIA

A área de estudo, o município de João Pessoa (PB), está localizado entre a linha do Equador e o Trópico de Capricórnio, na região Nordeste do Brasil, na longitude O 34°51'40" e, latitude S 7°6'55", conferindo-o como extremo oriental das Américas. O município está situado na zona de clima tipo A, quente e úmido com chuvas de outono-inverno, e precipitações entre 1.200 e 1.800 mm, com temperaturas médias superiores a 22°C. (MOREIRA, 2006).

A metodologia adotada neste trabalho consistiu na aquisição de dados de precipitação oriundos da Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), dos seguintes postos pluviométricos, com coordenadas em graus decimais: DFAARA: - 7.0833 Sul, -34.8333 Oeste; Mangabeira: - 7.19720 Sul e, -34.81310 Oeste; Marés: -7.15580 de latitude Sul e, -34.80890 de longitude Oeste; CEDRES: - 7.21710 de latitude Sul e, -34.94960 Oeste; Bayeux: -7.133600 de latitude Sul e, -34.938300 Oeste; Cabedelo/CAGEPA: -6.971.400 Sul e, -34.832500 Oeste; Cabedelo/EMATER: -7.087800 Sul e, -34.850000 Oeste; Santa Rita: -7.140600 S e, -34.982800 Oeste; e Santa Rita/Indaiá: -7.224639 Sul e, -35.031944 Oeste.

Após a aquisição dos dados, foram feitas tabulações e posteriormente mensurações no Software "EXCEL 2013", nele, foi inserida a equação proposta por

Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), para erosividade também conhecido como Fator R, para expressar os índices médios de erosão (EI), a fim de se chegar aos valores de energia cinética das chuvas em MJ.mm/ha.L., a partir de uma série histórica para os anos de 2009, 2010 e 2011. A equação inicialmente proposta por Wischmeier e Smith, 1978 *apud* Lombardi Neto e Moldenhauer, 1992, modificado o coeficiente de chuva utilizado por Fournier (1960), é a seguinte:

$$EI = 67,355 (r^2/P)^{0,85}, \text{ Onde:}$$

*El* = média mensal do índice de erosão; MJ . Mm/ha . L;

*r* = precipitação média mensal em milímetros;

*P* = precipitação média anual em milímetros .

O método de interpolação se deu pela Krigagem (Kriging), ou seja, o “raster” foi interpolado pelo processo de extensão de acordo com a distribuição espacial dos postos pluviométricos, pelo método comum (Ordinary), com semivariograma esférico (Spherical), considerando não só a área de estudo, como também, municípios vizinhos.

A renderização ocorreu na banda simples falsa-cor, com intervalos iguais para nove classes representativas, representando cada posto pluviométrico, com valores de EI anuais expressos em Megajoule-milímetro-de-chuva por hectare-litro.

Após os procedimentos anteriores, foi realizado o recorte espacial da área de estudo, a fim de descrever melhor as relações dos valores e suas interpretações para os resultados. Outros métodos de interpolação e modelos de semivariogramas também foram aplicados, mas não representaram os resultados como o esperado.

#### **4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No ano de 2009, o posto pluviométrico Dfaara registrou o maior valor de EI, 13564.4172 MJ.mm/ha.L e de maior precipitação 2550.4 mm. A figura 1, apresenta os índices anuais médios de erosão para o ano de 2009, e sua distribuição através de interpolação, especializando a abrangência dos valores de EI.



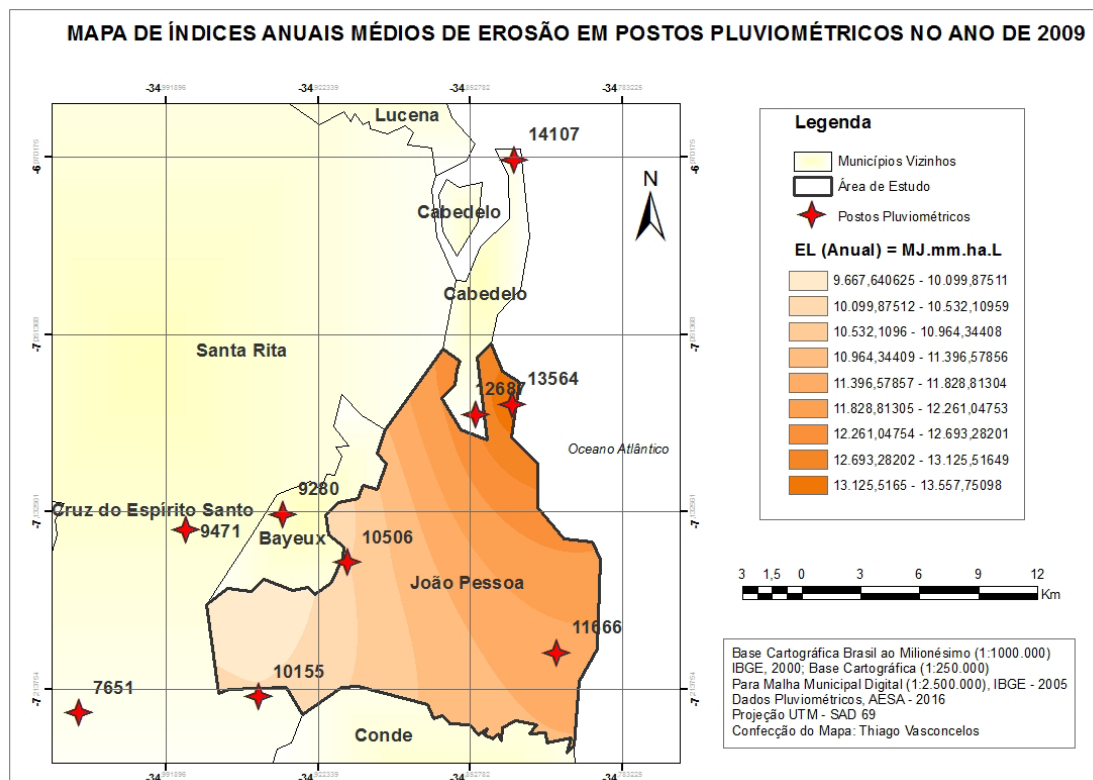


Figura 1. Índices Médios de Erosão (EI), no ano de 2009, município de João Pessoa-PB.

Fonte: Autores, 2016.

No posto Mangabeira choveu 2062.7mm e de energia cinética produzida 11666.5198 MJ.mm/ha.L, Os postos de Marés e Cedres, tiveram uma pluviometria maior (2098.6 mm, 2135.6 mm), e ao mesmo tempo uma energia cinética mais baixa (10506.8858 MJ.mm/ha.L, 10155.1764 MJ.mm/ha.L). (Tabela 1).

Posto	EI 2009	EI 2010	EI 2011	Prec.2009	Prec.2010	Prec.2011	Total em 3 anos (EI)
Dfaara	13564.4172	7122.6796	12287.2080	2550.4	1333.3	2355.2	329743048
Mangabeira	11666.5198	5810.3270	10937.6617	2062.7	962.2	1982.7	179145085
Marés	10506.8858	7185.7093	12155.6138	2098.6	1257.3	2226.7	298482089
Cedres	10155.1764	6246.9716	12428.5103	2135.6	1190.6	2292.5	288306583

Tabela 1 – Postos Pluviométricos e EI em 2009.

Fonte: Autores (2016).

No ano de 2010, o posto pluviométrico Marés registrou o maior valor de EI, 7185.7093 MJ.mm/ha.L e, segundo maior valor de precipitação, 1257.3 mm. A figura 2, apresenta os índices anuais médios de erosão para o ano de 2010, e sua distribuição através de interpolação, especializando a abrangência dos valores de EI.

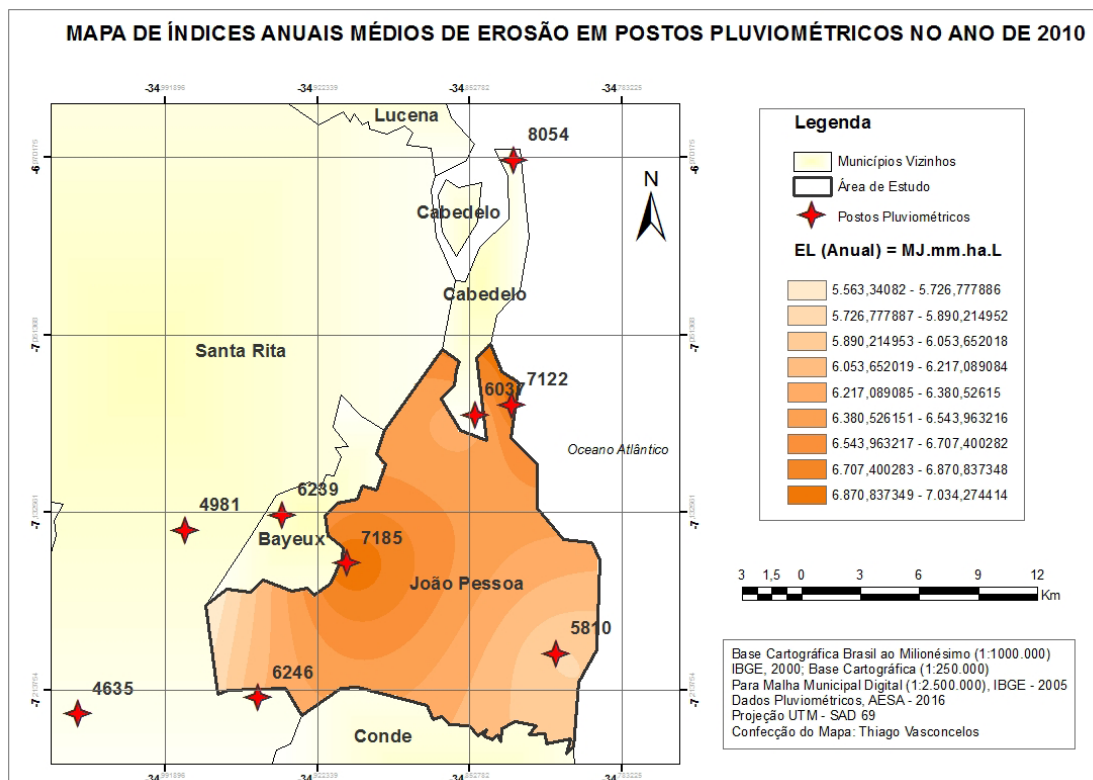


Figura 2. Índices Médios de Erosão (EI), no ano de 2010, município de João Pessoa-PB.

Fonte: Autores, 2016.

No posto Dfaara ocorreu a maior precipitação, 1333.3 mm e segundo maior valor de energia cinética produzida, 7122.6796 MJ.mm/ha.L. O posto Cedres, obteve uma pluviometria maior (1190.6 mm), e ao mesmo tempo uma energia cinética mais baixa (6246.9716 MJ.mm/ha.L). No posto Mangabeira a precipitação foi de 962.2 mm e a energia cinética foi de 5810.3270 MJ.mm/ha.L. (Tabela 1).

Dessa forma, na figura 3, a maior tonicidade de energia cinética aponta para o posto Marés, localizado mais ao noroeste, e para o posto Dfaara, com pluviometria anual mais baixa, mantendo uma energia cinética maior que o Cedres e Mangabeira. Estes últimos apresentam precipitações maiores e valores de erosividade menores.

No ano de 2011, o posto pluviométrico Cedres registrou o maior valor de EI, 12428.4103 MJ.mm/ha.L e com a segunda maior precipitação 2292.5 mm. (Figura 3).

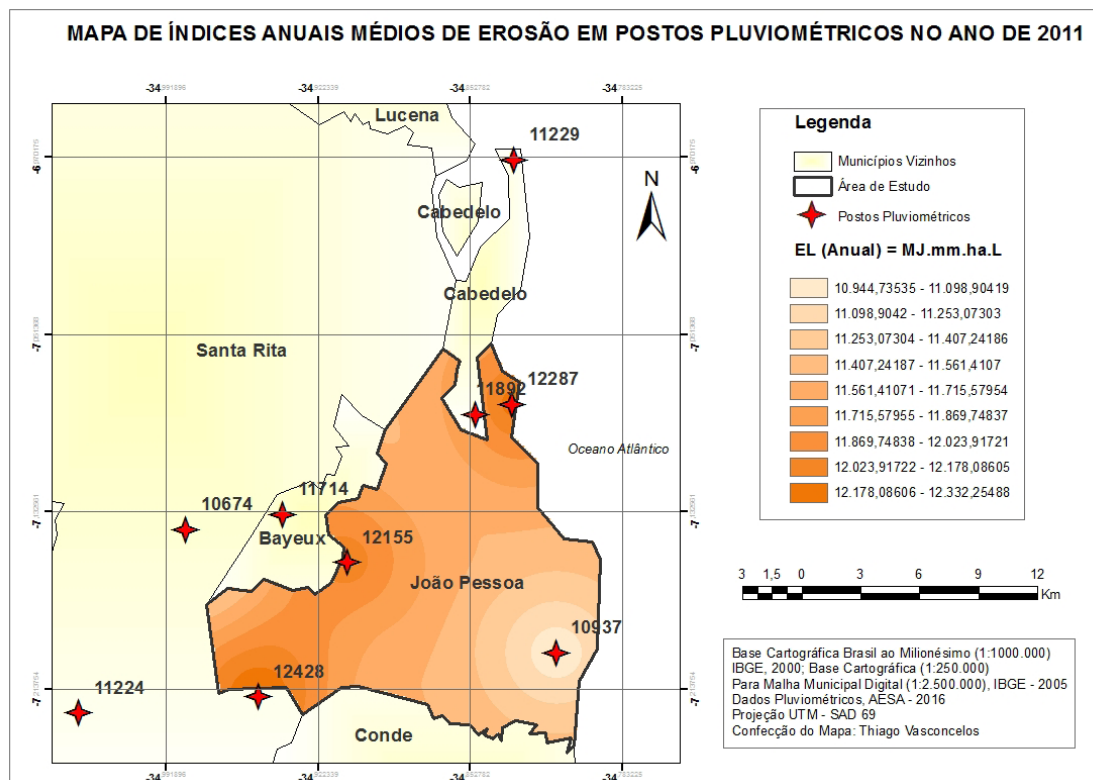


Figura 3. Índices Médios de Erosão (EI), no ano de 2011, município de João Pessoa-PB.

Fonte: Autores, 2016.

No posto Dfaara choveu 2355.2 mm e de energia cinética produzida 12287.2080 MJ.mm/ha.L. Os postos de Marés e Mangabeira, tiveram uma pluviometria de (2226.7 mm, 1982.7 mm), e ao mesmo tempo uma energia cinética de 12155.6138 MJ.mm/ha.L, e 10937.6617 MJ.mm/ha.L. (Tabela 1).

Percebe-se que, os postos Dfaara e Marés expressaram valores de energia cinética anuais muito próximos.

Assim, representado na figura 3, houve uma maior tonicidade de energia cinética para o posto Cedres, localizado mais ao sudeste, seguido dos postos Dfaara e Marés. Acontecendo uma distribuição mais homogênea dos valores de energia cinética entre os postos, exceto o de Mangabeira.

## 5 | CONCLUSÕES

Em geral, os resultados foram trabalhados em relação à disponibilidade simultânea de dados em três anos seguidos dos postos pluviométricos monitorados pela AESA. As proximidades do posto pluviométrico Dfaara, localizado mais ao nordeste do município, apresentou uma energia cinética maior, seguido dos postos: Marés (noroeste), Cedres (oeste) e Mangabeira (leste).

Para representar com maior nível de detalhe os valores de EI, seriam necessários muito mais postos instalados, tendo em vista o tamanho da área de estudo, considerando principalmente, suas bacias hidrográficas.

A erosividade incide sobre solos sem cobertura vegetal, expostos a ação mecânica das chuvas, que podem ser potencialmente erosivas ou não, dependendo do impacto da energia cinética. É precipitado deduzir que uma grande quantidade de precipitação incide num índice médio de erosão elevado, o que não consta ao observar os resultados propostos neste trabalho.

Sendo assim, é necessário que a gestão pública e a sociedade civil atuem de maneira preventiva quanto ao problema da erosão, considerando a energia cinética das chuvas e sua cadência em relação às áreas vulneráveis, expostas.

## REFERÊNCIAS

BERTONI, J. J.; LOMBARDI NETO, F.; **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005, p. 248 – 267.

GUERRA, A. T. **O Início do Processo Erosivo**. In: Erosão e Conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações. ed. 6. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, p. 17 – 55.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Anais. 13 p.

MOREIRA, Emília de Rodat F. **O Espaço Natural Paraibano**. João Pessoa: DGEOC, 2006 (mimeo). p. – 12.



## 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**

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental  
João Pessoa – Paraíba

**Nara Luísa Reis de Andrade**

Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Engenharia Ambiental  
Ji-Paraná – Rondônia

**RESUMO:** Ocupações irregulares no arranjo espacial urbano comprometem a qualidade das águas, sobretudo as superficiais. Diante disso, os objetivos do estudo foram classificar o uso e cobertura do solo na cidade de Ji-Paraná (RO) e avaliar, com base em aspectos macroscópicos, a influência antrópica nos corpos hídricos superficiais urbanos, com ênfase nas APPs. Para tanto, foram utilizadas imagens do satélite e sensor LANDSAT 8/OLI na classificação do uso e cobertura da superfície do solo da área de estudo em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas), e determinação de 10 postos de monitoramento dos aspectos ambientais no entorno destas coleções de água. Os principais resultados obtidos foram: a cidade apresenta uma contínua faixa de área impermeabilizada, com baixos índices de áreas verdes (cerca de 20% do tipo arbórea/arbustiva), principalmente nos núcleos urbanos; uso e ocupação em desavindo com o Novo

Código Florestal, atingindo um índice de 56,8% da cobertura convertida em área urbana e vegetação rasteira, com destaque nos entornos de nascentes; os aspectos mais recorrentes foram ligações clandestinas para descarte de efluentes domésticos *in natura*, moradias em áreas irregulares, descarte de resíduos sólidos, lançamento de efluentes em redes pluviais e diretamente nos corpos hídricos, despejo de resíduos de construção civil e descarte de embalagens de agrotóxicos nos canais. A moradia em áreas de risco e os descartes de resíduos sólidos e esgoto sanitário foram aspectos registrados em quase todos os pontos do monitoramento, fator que pode favorecer a lixiviação de matéria orgânica e de poluentes para os corpos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rios urbanos; Saneamento ambiental; Geotecnologias; Recursos hídricos.

**ABSTRACT:** Irregular occupations in the urban space arrangement compromise the quality of water, especially superficial ones. Therefore, the objectives of the research were to classify soil use and cover in the city of Ji-Paraná (RO) and to evaluate, based on macroscopic aspects, the anthropic influence on urban surface water bodies, with emphasis on PPA's. For this, images of the satellite and the sensor LANDSAT 8 / OLI were used in the classification

of the use and coverage of the soil surface of the study area in GIS environment (Geographic Information Systems), and determination of 10 monitoring stations of the environmental aspects in the surrounding of these water collections. The main results were: the city presents a continuous area of waterproofed area, with low indices of green areas (about 20% of the tree / shrub type), mainly in the urban nuclei; use and occupation in disagreement with the New Brazilian Forest Code, reaching an index of 56.8% of the coverage converted into urban area and undergrowth, with emphasis on spring water environments; the most recurrent aspects were clandestine connections for the disposal of domestic sewage untreated, housing in irregular areas, solid waste disposal, effluent discharges into rainwater networks and directly into the water bodies, dumping of construction waste and disposal of agrochemical packaging in channels. Housing in hazardous areas and discards of solid waste and sanitary sewage were aspects recorded at almost all points of monitoring, a factor that may favor the leaching of organic matter and pollutants to the water bodies.

**KEYWORDS:** Urban Rivers; Environmental sanitation; GIS; Water resources.

## 1 | INTRODUÇÃO

A ocupação de áreas urbanas vem se expandindo cada vez mais, e com isso as diversas finalidades para as quais os seres humanos utilizam a água faz com que ocorra a deterioração da sua qualidade, o que pode ocasionar um comprometimento do seu potencial de uso, gerando uma limitação na sua utilização. A degradação da qualidade da água é potencializada quando há ausência de planejamento urbano, gerando uma urbanização desordenada, o que pode ser ainda mais grave em casos em que há deficiência nos serviços de saneamento básico.

Segundo Butzke (2013), a cidade de Ji-Paraná não é exceção neste cenário problemático, apresentando problemas como: paisagem adversa à natural em Áreas de Preservação Ambiental (APP), adensamento populacional em suas matas ciliares; despejo de efluentes domésticos sem tratamento prévio; erosão e assoreamento; dentre outros. Bezerra (2012) salienta que a ocupação urbana, na referida cidade, origina poluição de efeitos tanto pontuais, como difusos.

De acordo com Franco (2012), as interferências antrópicas no meio físico comprometem a qualidade da água e a funcionalidade do sistema, por meio de alterações nos diferentes componentes do ambiente, como o relevo, o solo e a cobertura vegetal, alterando o seu estado de equilíbrio dinâmico. Nessa linha de pensamento, Vieira e Cunha (2001, *apud* VEIGA et al, 2010) relatam que “o crescimento de áreas urbanizadas tem gerado aumento no escoamento superficial pela impermeabilização do solo, acompanhado de grande volume de sedimentos, produzidos pelas construções e pelo solo exposto das encostas pelo desmatamento”.

## 2 | OBJETIVOS

Os objetivos do estudo foram classificar o uso e cobertura do solo na cidade de Ji-Paraná (RO) e avaliar, por meio de aspectos macroscópicos, a influência antrópica nos corpos hídricos superficiais urbanos, em especial em suas Áreas de Preservação Permanente (APPs).

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Área de estudo

A área em estudo engloba o perímetro urbano da cidade de Ji-Paraná (FIGURA 1), localizada na porção centro-leste do estado de Rondônia, região Norte do Brasil, na Amazônia Ocidental. Ji-Paraná encontra-se entre os quadrantes  $10^{\circ}56'00''$  e  $10^{\circ}48'00''$  de latitude sul e  $61^{\circ}52'00''$  e  $62^{\circ}02'30''$  de longitude oeste e se dispõe na Bacia Hidrográfica do rio Machado, sendo essa uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do rio Madeira, que, por sua vez, deságua no rio Amazonas.

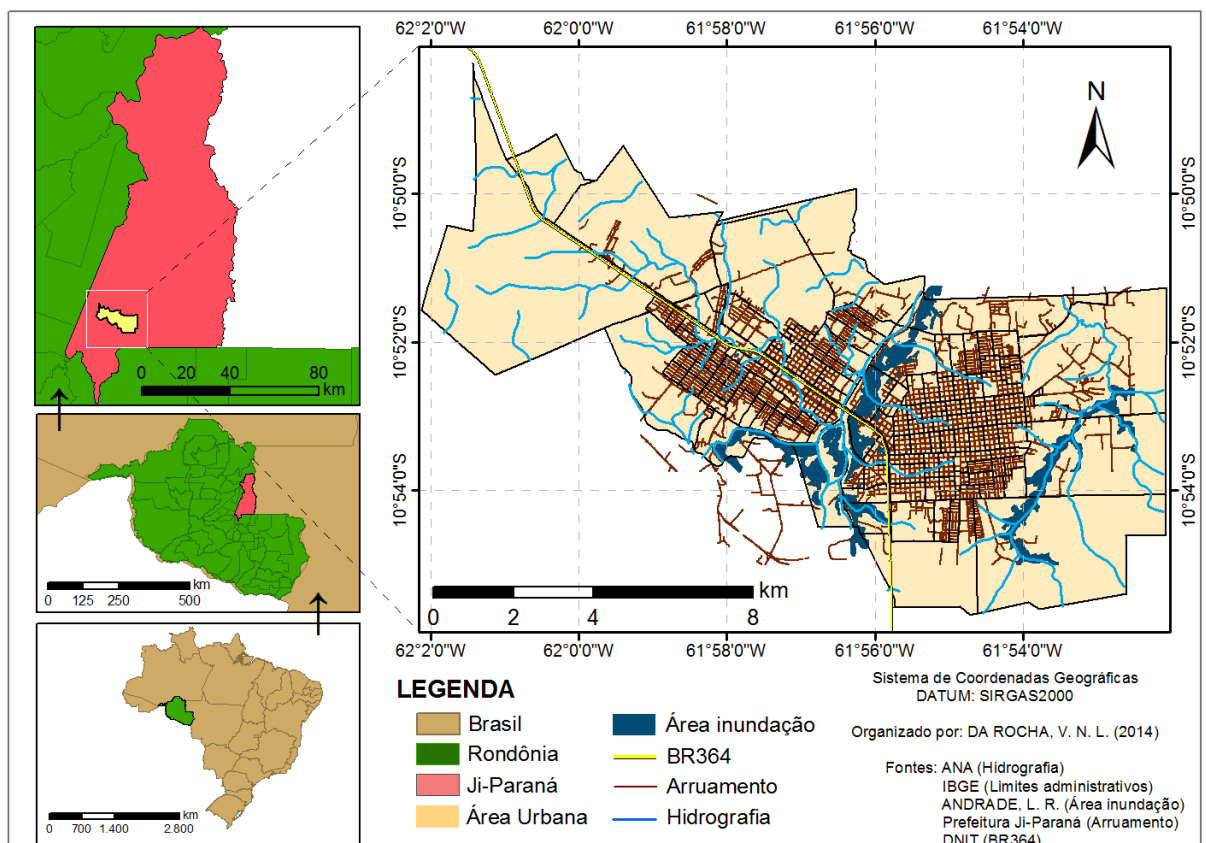


Figura 1. Localização geográfica da cidade de Ji-Paraná (RO).

### 3.2 Aquisição de dados

Foram adquiridas, gratuitamente por meio do acervo virtual no sítio do *United States Geological Survey* (USGS), imagens do satélite LANDSAT 8 e sensor OLI, imageadas em 17/07/2013, apresentando como justificativa de escolha o baixo ou

ausência de cobertura de nuvens na área de estudo durante o período, o que permite uma melhor análise na extração de informações dos alvos terrestres.

### 3.3 Geoprocessamento e monitoramento

Os procedimentos para classificação do uso e ocupação do solo ocorreram em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) nos *software* SPRING versão 5.2.2. Foram empregadas as seguintes técnicas: correção de registro ( $n = 20$ ); fusão com a banda pancromática, melhorando a resolução espacial para 15 metros; segmentação, similaridade 10 e área de pixel 15; classificação supervisionada por regiões pelo método *Bhattacharya* com 95% de aceitação; e mapeamento de classes. A classificação foi validada com obtenção de pontos em campo com o GPS (modelo Garmin Etrex Vista).

Posteriormente a etapa de geoprocessamento dos dados, foram determinados 10 postos de monitoramento, baseados em critérios de outra pesquisa em andamento – garantida a distribuição espacial no perímetro urbano –, para realizar o monitoramento dos aspectos ambientais macroscópicos (ocupação irregular, presença resíduos sólidos, vegetação, lançamento de esgotos e outros) no entorno dos corpos hídricos superficiais.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das imagens de satélite e por meio das técnicas de geoprocessamento foi elaborado o mapa de classificação do uso e cobertura da superfície do solo no perímetro urbano de Ji-Paraná (FIGURA 2). A área em estudo possui aproximadamente 114 km<sup>2</sup>, sendo composta quase integralmente em classes do tipo: vegetação arbórea/arbustiva (19,3%), vegetação rasteira (47,65%), urbano (28,6%), solo exposto (0,93%) e massa de água (3,52%).

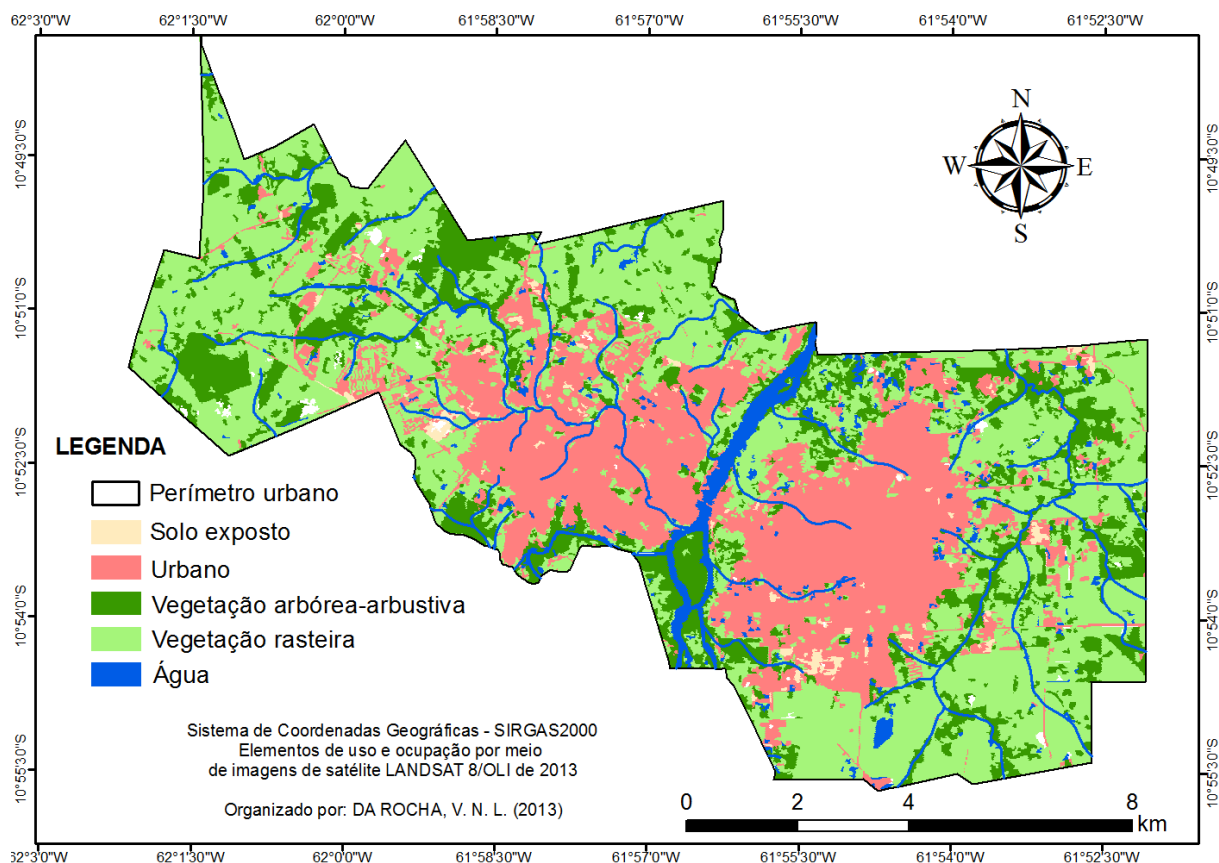


Figura 2 – Elementos de uso e cobertura do solo na cidade de Ji-Paraná (RO).

Há de se considerar o baixo índice de vegetação arbórea/arbustiva, principalmente dentro da classe urbana, evidenciando poucas áreas verdes para o lazer da população ji-paranaense. Alguns benefícios provenientes dessas áreas verdes são redução de ruídos e poluição atmosférica, melhoria no microclima, áreas de lazer, melhoria na estética da cidade, habitats para fauna silvestre, mitigação de danos oriundos de chuvas torrenciais (ASP, 2012; MASCARÓ & MASCARÓ, 2002; SALVI et al., 2011). Cabe ressaltar, conforme Souza et al. (2011), que esses espaços urbanos devem apresentar boa diversidade de espécies, respeitando os valores culturais, ambientais e de memória da cidade.

Em contraponto, é expressiva a área de vegetação rasteira, sendo duas vezes e meia superior à vegetação arbórea-arbustiva. Segundo Alves et al. (2007), a cobertura vegetal, principalmente vegetação de maior porte, auxilia na maior taxa de infiltração de água no solo em razão da influência que essa exerce sobre as propriedades físicas do solo. Mancuso et al. (2014), em estudo sobre taxas de infiltração em diferentes tipos de cobertura no solo em áreas urbanas, constataram que a vegetação rasteira, quando comparada com vegetação arbórea ou arbustiva, possui menor taxa de infiltração, alcançando índices em média quatro vezes inferiores. Menores taxas de infiltração favorecem o deflúvio, principalmente em chuvas atípicas e, conseqüentemente, propiciando a lixiviação de matéria orgânica e de poluentes para os corpos hídricos superficiais.

A Figura 3 retrata isoladamente o arranjo espacial da população na cidade de



forma – construções humanas urbanas, representando aproximadamente 29% da área total do perímetro urbano, ou seja, 33 km<sup>2</sup> de área impermeabilizada. Observa-se uma adjunção mais acentuada sobre corpos hídricos superficiais por áreas impermeabilizadas nos núcleos urbanos, enquanto esse aspecto é menos presente nas periferias do perímetro urbano. Essa questão é relevante por refletir na qualidade da água de rios urbanos que, de acordo com Araújo et al. (2000, p. 21), “áreas impermeáveis como telhados, passeios, ruas, estacionamentos e outros, alteram as características de volume e qualidade do ciclo hidrológico, trazendo como resultado o aumento das enchentes urbanas e a degradação da qualidade das águas pluviais”, por conseguinte desaguadas em cursos d’água.

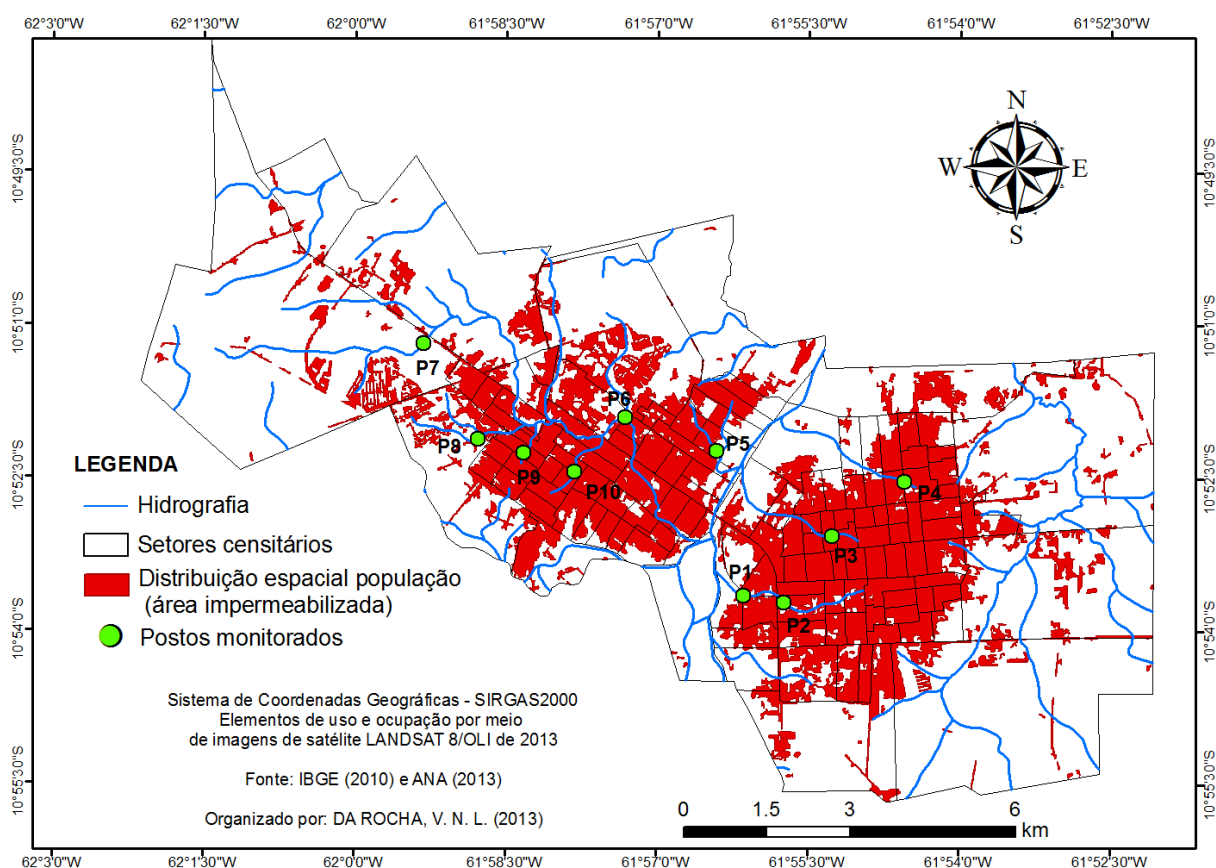


Figura 3 – Distribuição espacial da população (classe urbana) na cidade de Ji-Paraná (RO).

Problemas recorrentes na cidade de Ji-Paraná são casos de alagamentos e inundações durante período de intensa precipitação (BRITO, 2010; GLOBO, 2013; LUIZ, 2011; NEWSRONDONIA, 2014). Esses registros são decorrentes da susceptibilidade natural a inundações na região (característica topográfica, densa rede de drenagem natural e eventos com elevados índices pluviométricos) que são intensificados pela parcela impermeabilizada e da estreita proximidade dos núcleos populacionais com os corpos hídricos, principalmente com o rio Machado e o igarapé Dois de abril, paralelamente a uma drenagem pluvial ineficiente, gerando transtornos sociais, ambientais e econômicos. Estudos associam problemas de alagamentos e inundações a casos de agravos e doenças de veiculação hídrica e de proliferação de vetores (BARCELLOS et al., 2009; FREITAS e XIMENES, 2012; GUIMARÃES et al.,

2014; OLIVEIRA et al., 2012).

Ainda quanto à Figura 3, um impacto decorrente de intensas áreas impermeabilizadas e contíguas é a formação de ilhas de calor. Souza (2005) pondera que as cidades mal planejadas sofrem graves problemas com esse fenômeno, com ocorrência em locais com excessiva quantidade de construções, adensamento populacional, poluição atmosférica e baixa concentração de áreas verdes. Costa et al. (2010) registraram temperaturas médias na superfície do perímetro urbano entre 21 e 23 °C em áreas vegetadas, enquanto zonas muito impermeabilizadas e edificadas apresentaram valores superiores as médias de 41 e 44 °C.

O Novo Código Florestal, Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, determina uma largura de 30 metros em cada margem de APPs nas matas ciliares de cursos d'água com largura inferior a 10 metros e em nascente um raio mínimo do olho d'água de 50 metros. Face ao exposto, foi elaborado o mapa das formas de uso do solo e da cobertura da superfície nas matas ciliares das nascentes, rios e igarapés urbanos ji-paranaenses (FIGURA 4).

Constata-se vegetação do tipo rasteira principalmente em APPs mais afastadas dos núcleos urbanos (FIGURA 4-A), intensa presença de superfícies impermeabilizadas (FIGURA 4-B), fato esse evidenciado também no entorno das nascentes (FIGURA 4-C), caracterizando descumprimento legal nas faixas mínimas de matas ciliares. Em termos percentuais, as matas ciliares em estudo são compostas basicamente por classes dos tipos vegetação arbórea/arbustiva (43,2%), vegetação rasteira (40%) e urbano (16,8%).

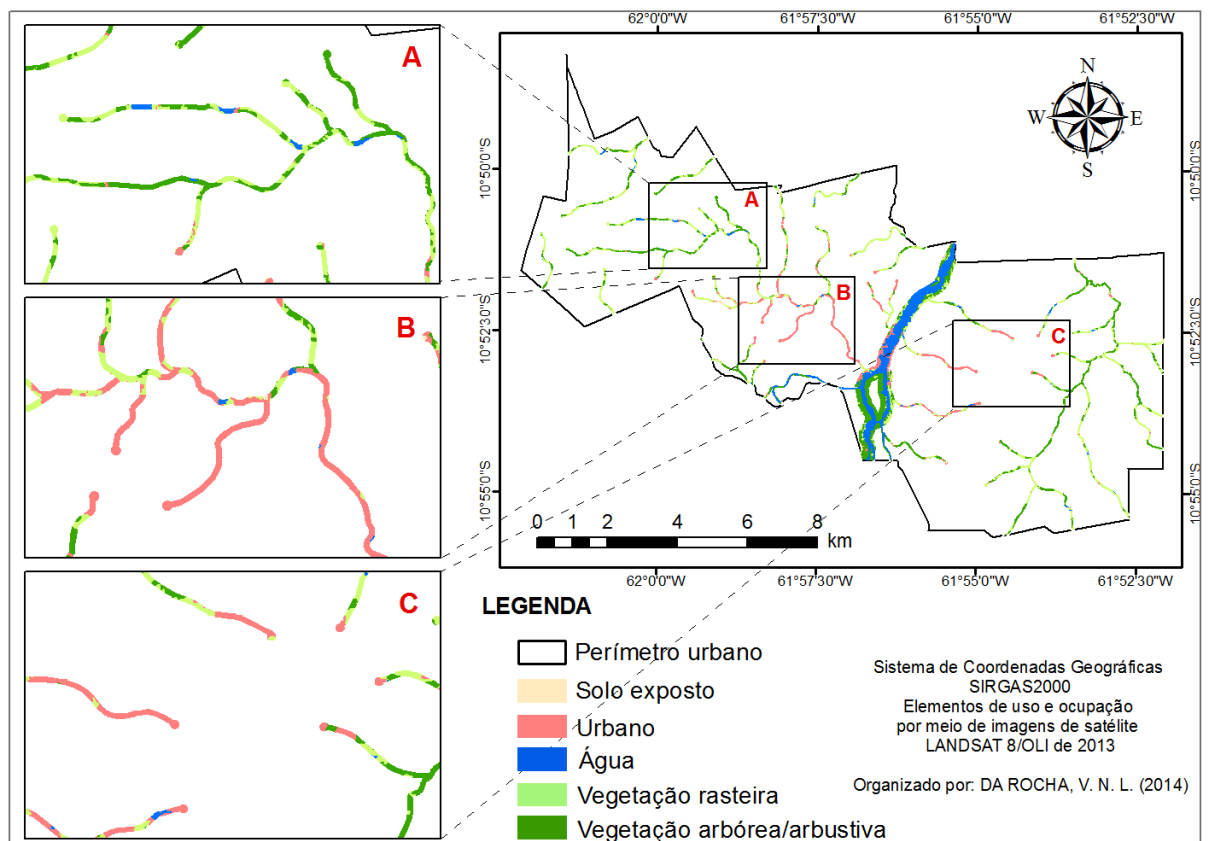


Figura 4 – Uso e ocupação nas matas ciliares do perímetro urbano de Ji-Paraná (RO).

Matas ciliares são zonas de interface de difícil precisão na sua delimitação, pois a heterogeneidade é expressa em uma variedade de estratégias de história de vida e padrões de sucessão, essas áreas possuem a importante função de regular a geração de energia e de nutrientes de um ecossistema terrestre para um aquático (OLIVEIRA, 2010; NAIMAN e DECÁMPIS, 1987). As mesmas têm a capacidade de contenção da erosão e assoreamento dos rios, de controle da qualidade da água e na sua temperatura (CORRELL, 1999; NAIMAN e DECÁMPIS, 1987).

No Quadro 1 são representadas as alterações do entorno durante o monitoramento. Analisando o Quadro 1 em conjunto com a Figura 3, nota-se um aumento na cobertura vegetal ciliar nos Postos 2, 3, 4, 5, 6 e 7, enquanto nos Postos 1, 8 e 9 foi registrada supressão da vegetação por ação antrópica.

Posto	Alterações nos aspectos ambientais	Registros Fotográficos	
		Novembro/2013	Agosto e setembro/2014
1	Alteração na cor do corpo hídrico; retirada vegetação ciliar e compactação do solo		
2	Desenvolvimento da vegetação ciliar		
3	Considerável alteração da cor do corpo hídrico; presença de sedimentos e crescimento de vegetação no canal		
4	Alteração da cor do corpo hídrico; crescimento vegetação dentro corpo hídrico		







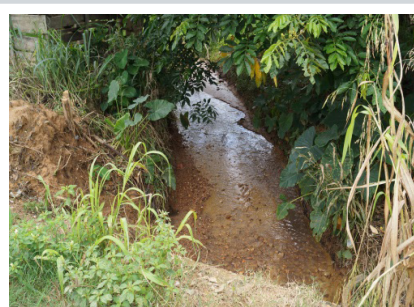



5 Crescimento de vegetação dentro do corpo hídrico; formação bancos de sedimentos



Quadro 1 – Alterações dos aspectos ambientais nos postos de coletas de monitoramento na cidade de Ji-Paraná/RO.

Fotos: Autores e Emeline C. G. de Moura.

Ponto	Alterações nos aspectos ambientais	Registros Fotográficos	
		Novembro/2013	Agosto e setembro/2014
6	Crescimento da vegetação ciliar		
7	Alteração na cor do corpo hídrico; desenvolvimento de vegetação aquática		
8	Retirada vegetação ciliar; elevada alteração na cor do corpo hídrico; possível eutrofização		
9	Retirada da vegetação ciliar; elevada alteração na cor da água		



10

Alteração na cor do corpo hídrico; possível eutrofização; desenvolvimento da vegetação ciliar



Continuação... Quadro 1 – Alterações nos aspectos ambientais nos pontos de coletas durante o período de monitoramento na cidade de Ji-Paraná/RO.

Fotos: Autores e Emeline C. G. de Moura.

Outro aspecto comumente observado foi a alteração na cor da água, com características mais turvas no período transicional seco-chuvoso (enchente), devido ao início do regime de chuvas e transporte de sedimentos para o corpo hídrico; enquanto no período de seca (estiagem) a água apresentou caráter mais límpido, a exceção dos Postos 8 e 10, com indícios de eutrofização devido a elevada proliferação de algas, apesar de não ser tão perceptível a constatação por meio das figuras.

A Figura 6 retrata os aspectos ambientais evidenciados nas circunvizinhanças dos pontos monitorados durante as coletas de amostras de água.



Figura 6 – Aspectos ambientais antrópicos registrados no entorno e nos cursos d'água, 2013-2014.

Ilustrando o descaso com a gestão destas áreas, inclusive importando riscos a saúde direta dos moradores circunvizinhos. Dentre estes, os aspectos registrados



foram: descarte irregular de efluentes domésticos diretamente nos corpos hídricos, disposição de resíduos sólidos urbanos e agrícolas, disposição de resíduos sólidos de construção civil, descargas clandestinas em galerias de águas urbanas, ocupação/moradia irregular, dentro das APPs, dentre outros.

## 5 | CONCLUSÕES

A cidade de Ji-Paraná apresenta uma contínua faixa de área impermeabilizada, com baixos índices de áreas verdes no perímetro urbano, principalmente nos núcleos urbanos, o que pode favorecer a lixiviação de matéria orgânica e de poluentes para os corpos hídricos. Paralelo a isso, foi observado formas de uso do solo inconsonantes com o Novo Código Florestal, caracterizando áreas urbanas em locais que deveriam ser destinados a matas ciliares, com destaque às nascentes, o que pode comprometer toda a dinâmica hidrológica dos canais, quali e quantitativamente.

Dentre os aspectos ambientais antrópicos registrados, os mais frequentes foram: ocupação irregular em APPs, presença de resíduos sólidos no leito e nas margens dos corpos hídricos, ligações clandestinas de esgotos sanitários diretamente nos corpos hídricos ou na rede de drenagem pluvial, presença de embalagens de agrotóxicos e supressão da vegetação ciliar.

Destarte, recomenda-se a implementação de um Programa de Recuperação de Área Degradada das Matas Ciliares (PRAD Mata Ciliar), com estudo de viabilização de remanejamento da população irregular e levantamento perquirido das espécies da vegetação nativa por bacia hidrográfica, facilitando assim a escolha das espécies adequadas e na delimitação de espécies próprias para remoção de poluentes com regeneração mais factível, no que tange aos aspectos ecológicos e climáticos.

## 6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq (processo n. 23118.001532/2013-75) e à Universidade Federal de Rondônia (UNIR) pela bolsa de incentivo à pesquisa do primeiro autor que serviu de fomento para desenvolvimento do trabalho e ao técnico Aurelino Helwecyo S. Lopes pela disposição e cooperação nas coletas de dados em campo.

## REFERÊNCIAS

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 617-625, 2007. ISSN 0100-0683.

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto

Alegre, v. 5, n. 3, p. 21-29, 2000. ISSN: 1414-381X.

ASP, R. Área Verde na Pompéia deve diminuir enchentes. **Diário de São Paulo**, São Paulo, 21 nov. 2012. Disponível em: <<http://diariosp.com.br/noticia/detalhe/38357/Area+verde+na+Pompeia+deve+diminuir+enchentes>> . Acesso em: 12 nov. 2014.

BARCELLOS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; CORVALAN, C.; GURGEL, H. C.; CARVALHO, M. S.; ARTAXO, P.; HACON, S.; RAGONI, V. Climatic and environmental changes and their effect on infectious diseases: scenarios and uncertainties for Brazil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009. ISSN 1679-4974.

BEZERRA, P. L. **A influência da atividade urbana sobre a qualidade da água do Igarapé Dois de Abril em Ji-Paraná-RO**. Ji-Paraná: UNIR, 2012. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 25 mai. 2012.

BRITO, J. Bombeiros alertam sobre enchente em Ji-Paraná. **Correio Popular**. [S. l.], 21 jan. 2010. Disponível em: <<http://www.correiopopular.com.br/verp.php?id=7296&titulo=Bombeiros%20alertam%20sobre%20enchente%20em%20Ji-Paran%E1>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

BUTZKE, K. **Avaliação limnológica de um igarapé impactado pela urbanização da cidade de Ji-Paraná (Rondônia): Igarapé Pintado**. Ji-Paraná: UNIR, 2013. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2013.

CORRELL, D. **Vegetated Stream Riparian Zones. Their Effects on Stream Nutrients, Sediments, and Toxic Substances: An Annotated and Indexed Bibliography of the world literature including buffer strips, and interactions with hyporheic zones and floodplains**, 8.. ed. Edgewater: SERC, 1999.

COSTA, D. F.; SILVA, H. R.; PERES, L.F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira - SP através da utilização de geotecnologias. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 974-985, 2010. ISSN 0100-6916.

FRANCO, G. B.; BETIM, L. S.; MARQUES, E. A. G.; GOMES, R. L.; CHAGAS, C. S. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 42, suppl. 1, p. 114-127, dez. 2012. ISSN 03757536.

FREITAS, C. M.; XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1601-1616, 2012. ISSN 1413-8123.

GLOBO. Enxurrada invade comércios em dia de forte chuva em Ji-Paraná, RO. **G1 Rondônia**. Ji-Paraná, 12 nov. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2013/11/enxurrada-invade-comercios-em-dia-de-forte-chuva-em-ji-parana-ro.html>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

GUIMARAES, R. M.; CRUZ, O. G.; PARREIRA, V. G.; MAZOTO, M. L.; VIEIRA, J. D.; ASMUS, C. I. R. F. Análise temporal da relação entre leptospirose e ocorrência de inundações por chuvas no município do Rio de Janeiro, Brasil, 2007-2012. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.19, n.9, p. 3683-3692, 2014. ISSN 1413-8123.

LUIZ, F. Alagamento – Forte chuva castiga moradores de Ji-Paraná. 2011. **Comando190**. Ji-Paraná, 01 dez. 2011. Disponível em: <<http://www.comando190.com.br/videos.php?cod=49>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

MANCUSO, M. A.; FLORES, B. A.; ROSA, G. M.; SCHROEDER, J. K.; PRETTO, P. R. P. Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. **Revista Monografia Ambiental – REMOA**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 2890-2998, 2014. ISSN 2236 1308.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana**. Porto Alegre: UFRGS/Pini, 2002. 242 p. ISBN: 85-902663-1-1.

NAIMAN, R.J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. **Annual Review Ecological System**, v. 28, n. 2, p. 621-658, 1997.

NEWSRONDONIA. 2014. Rio Machado alcança 11,62 metros em enchente recorde em Ji-Paraná. **NEWSRONDONIA**. Ji-Paraná, 26 fev. 2014. Disponível em: <<http://www.newsrondonia.com.br/noticias/rio+machado+alcanca+1162+metros+em+enchente+recorde+em+ji+parana/42642>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

OLIVEIRA, C.A.; KLIEMANN, H J.; CORRECHEL, V.; SANTOS, F.C. V. Avaliação da retenção de sedimentos pela vegetação ripária pela caracterização morfológica e físico-química do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n.12, p. 1281-1287, 2010. ISSN 1807-1929.

OLIVEIRA, T. V. S.; MARINHO, D. P.; COSTA NETO, C.; KLIGERMAN, D. C..Variáveis climáticas, condições de vida e saúde da população: a leptospirose no município do Rio de Janeiro de 1996 a 2009. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.17, n.6, p. 1569-1576, 2012. ISSN 1413-8123.

SALVI, L. T.; HARDT, L. P. A.; ROVEDDER, C. E.; FONTANA, C. S. Arborização ao longo de ruas - túneis verdes - em Porto Alegre, RS, Brasil: avaliação quantitativa e qualitativa. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, 2, P. 233-243, 2011. ISSN 0100-6762.

SOUZA, A. L.; FERREIRA, R. A.; MELLO, A. A.; PLÁCIDO, D. R.; SANTOS, C. Z. A.; GRAÇA, D. A. S.; ALMEIDA JR., P. P.; BARRETTO, S. S. B.; DANTAS, J. D. M.; PAULA, J. W. A.; SILVA, T. L.; GOMES, L. P. S. Diagnóstico quantitativo e qualitativo da arborização das praças de Aracaju, SE. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 1253-1263, 2011. ISSN 0100-6762.

SOUZA, L. C. L. Ilhas de calor. **Jornal Unesp**, São Paulo, ano XIX, n.203, ago. 2005. Disponível em: <<http://www.unesp.br/aci/jornal/203/ilhas.php>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

VEIGA, A. J. P.; VEIGA, D. A. M.; MATTA, J. M. B. Densidade demográfica como instrumento de planejamento urbano: um estudo de caso sobre Vitória da Conquista – BA. In: II Simpósio Cidades Médias e Pequenas da Bahia, **Anais...** Vitória da Conquista, v. 1, p. 1-15, 2011.

## APLICAÇÃO DO MODELO LANDGEM PARA ESTIMAÇÃO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO DE JOÃO PESSOA/PB

### **Dayse Pereira do Nascimento**

Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Centro de Energias Alternativas e Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

### **Monica Carvalho**

Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Centro de Energias Alternativas e Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

### **Susane Eterna Leite Medeiros**

Programa de Pós-Graduação em Física, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

**RESUMO:** Na sociedade moderna, uma das grandes preocupações é a conservação do meio ambiente, para isso se faz necessário adotar políticas de gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos (RSU) para evitar a contaminação ambiental. Atualmente a forma mais adequada para disposição final dos RSU são os Aterros Sanitários, sendo esta uma fonte de energia elétrica que utiliza o biogás gerado nas células do aterro com baixos níveis de emissão de gases do efeito estufa. A cidade de João Pessoa/PB destina seus RSU no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa que possui potencial para geração de energia elétrica. Tendo este trabalho o objetivo de aplicar o modelo *Landfill Air Emissions*

*Estimation Model* (LandGem, versão 2.01) para estimar a geração de biogás no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, e discutir sua aplicabilidade e limitações. Considerou-se que o método USEPA não é o mais adequado por considerar que a geração de resíduos é considerada por meio de um valor constante ao longo dos anos. Trabalhos futuros das autoras incluem a aplicação de outros modelos, mais refinados (que levem em consideração a geração de biogás ao longo dos anos, por meio de uma aproximação da cinética de decomposição do resíduo), para estimativa de geração de biogás no aterro sanitário metropolitano de João Pessoa/PB.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelo landgem; Gás de aterro; Biogás; Aterro; João Pessoa.

**ABSTRACT:** In modern society, one of the main concerns is the conservation of the environment, so it is necessary to adopt policies for the proper management of solid urban waste (MSW) to avoid environmental contamination. Currently, the most suitable way to dispose of MSW is the Sanitary Landfills, which is a source of electricity that uses the biogas generated in the cells of the landfill with low levels of greenhouse gas emissions. The city of *João Pessoa/PB* destines its MSW in the Metropolitan Sanitary Landfill of *João Pessoa* that has a potential for electricity generation. The objective of this paper is to

apply the Landfill Air Emissions Estimation Model (LandGem, version 2.01) to estimate biogas generation at the Metropolitan Sanitary Landfill of *João Pessoa*, and discuss its applicability and limitations. It was considered that the USEPA method is not the most appropriate considering that the generation of waste is considered through a constant value over the years. Future works of the authors include the application of other, more refined models (which take into account the generation of biogas over the years, by means of an approximation of the decomposition kinetics of the residue), for the estimation of biogas generation in the metropolitan sanitary landfill of *João Pessoa/PB*.  
**KEYWORDS:** Landgem model; Landfill gas; Biogas; Landfill; João Pessoa.

## 1 | INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações mundiais é a conservação dos recursos naturais, que vem incluindo a crescente geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) pelas sociedades modernas. A geração de RSU e seu gerenciamento já foram tema de encontros como a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e a Agenda 21 (NAÇÕES UNIDAS, 2016), que propuseram, dentre outros temas, estratégias para o gerenciamento dos RSU compatível com a conservação dos recursos naturais (BRITO FILHO, 2015). No Brasil, foi instituída a Lei N° 12.305/2010 (BRASIL, 2010a) regulamentada pelo Decreto N° 7.404/2010 (BRASIL, 2010b). A Lei N° 12.305/2010 trata do sistema de logística reversa, coleta seletiva e a disposição adequada dos RSU e a forma mais adequada para a disposição dos RSU é por meio da utilização de aterros sanitários.

A disposição final de RSU produz emissões de gases de efeito estufa GEE, e com o aumento da população e do grau de urbanização, torna-se clara a necessidade de um correto gerenciamento da sua disposição final (BRASIL, 2016).

Um aterro sanitário pode ser considerado como um reator biológico, no qual as principais entradas são RSU e água, e as principais saídas são gases e o chorume (BRASIL, 2016). A decomposição da matéria orgânica ocorre por dois processos, o primeiro é o de decomposição aeróbia e o segundo, a decomposição anaeróbia.

A geração de gás de aterro inicia-se após a disposição de RSU e pode-se encontrar presença de metano ( $\text{CH}_4$ ) nos três primeiros meses, continuando ao longo da vida útil do aterro e estendendo-se até 20 ou 30 anos depois do encerramento das disposições de RSU no aterro. O gás de aterro é constituído principalmente de metano e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), e outros gases em quantidades menores (traços).

O aterro sanitário pode ser uma fonte alternativa de geração de energia, aproveitando a energia presente no gás de aterro produzido pela degradação dos RSU para a sua conversão em: eletricidade, vapor, combustível para caldeiras ou fogões, combustível veicular ou para abastecer gasodutos com gás de qualidade (BRASIL, 2016).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos



Especiais, um modelo de geração de gás de aterro fornece uma estimativa do metano ou gás de aterro gerado a partir de um volume de resíduos específico, ao longo do tempo. O modelo consegue descrever, de maneira simples, as alterações que ocorrem durante a decomposição dos resíduos em um aterro (ABRELPE, 2013). Em inglês, utiliza-se o termo *landfill gas* (LFG) para se referir especificamente ao gás gerado em aterros. Porém, observa-se que na literatura em português tanto o termo “gás de aterro” quanto “biogás” são utilizados para se referir ao gás produzido pela decomposição dos resíduos sólidos em aterros.

Existem diferentes métodos descritos na literatura para estimar a geração de biogás em aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, sendo estes métodos descritos pelo *modelo landgem* (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA), método do grupo intergovernamental para as mudanças climáticas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC) e o *Environment Agency of England and Wales* (Agência Ambiental do Reino Unido) desenvolveu o modelo GasSim (CABRERA, 2011), que podem ser categorizados em modelos de ordem zero, de primeira ordem, multifásicos e de segunda ordem (OONK, BOOM, 1995).

Os modelos de primeira ordem são os modelos de geração de biogás mais comumente aplicados atualmente. O modelo *Landfill Air Emissions Estimation Model* (LandGEM) da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency – USEPA*) é um modelo de primeira ordem considerado como padrão, sendo aplicado para estimar as emissões de biogás em aterros regulados pela USEPA, dentro da Lei do Ar Limpo (*Clean Air Act*).

## 2 | OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é aplicar o modelo *Landfill Air Emissions Estimation Model* (LandGem, versão 2.01) para estimar a geração de biogás no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, e discutir sua aplicabilidade e limitações.

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Resíduos Sólidos Urbanos

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos visa, principalmente, contribuir com a qualidade de vida da sociedade, dependendo basicamente de políticas públicas que tenham em seu escopo aspectos legais, financeiros, sociais e ambientais. João Pessoa possui o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PPGIRS), no qual apresenta a situação atual do município de João Pessoa e expõe o prognóstico

com diretrizes, estratégias, metas, programas, projetos e custos (JOÃO PESSOA, 2014).

A cidade de João Pessoa possui coleta diária dos RSU gerados pela população. Todo esse resíduo é destinado ao Aterro Metropolitano de João Pessoa, sendo este uma concessão entre sete municípios (João Pessoa, Cabedelo, Bayeux, Santa Rita, Lucena, Conde e Cruz do Espírito Santo). Existe também pontos de coleta de material reciclável e em alguns bairros da capital existe o serviço de coleta diretamente nas residências de material reciclável. É feita a coleta de RSU e varrição das ruas, praças, feiras livres, mercados públicos e áreas de difícil acesso. A Autarquia de Especial de Limpeza Urbana (EMLUR) é o órgão responsável pela limpeza dispondo de pessoal qualificado, patrimônio e receitas próprias, autonomia financeira, administrativa e técnica (AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA, 2014).

### 3.2 Modelo LandGem (*United States Environmental Protection Agency – USEPA*)

O modelo *Landfill Air Emissions Estimation Model* (LandGem) é utilizado para estimar a geração de biogás em aterros sanitários, sendo mundialmente empregado, desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental do Estados Unidos (USEPA, 2005; FAOUR; REINHART; YOU, 2007; FRIIS, 2012).

A emissão de metano ( $\text{CH}_4$ ) em aterros de RSU pode ser estimada por meio de modelos matemáticos que preveem a degradação de RSU ao longo do tempo. O modelo se baseia em reações de decaimento de primeira ordem, onde o potencial de emissão de metano é calculado com base na quantidade depositada de RSU a cada ano. Aplicou-se o *Landfill Air Emissions Estimation Model* (LandGem, versão 2.01), que possui duas categorias. Uma para aterros que não possuem sistema de controle do biogás (emissões não controladas) e outra metodologia empregada em aterros que possuem um sistema de captura de biogás para queima ou para geração de energia (TARAZONA, 2010). As descrições seguem USEPA (2005), Faour, Reinhart e You (2007), Tarazona (2010) e Friis (2012).

#### 3.2.1 Emissões não controladas

As emissões não controladas em aterros sanitários de RSU são encontradas em aterros que não possuem um sistema de controle dos gases, onde muitas vezes ocorre apenas a sua queima. Não há caldeiras a vapor, turbinas a gás ou motores a combustão interna. Para calcular a quantidade de  $\text{CH}_4$  produzido é utilizada a Equação 1.

$$Q_{\text{CH}_4} = L_0 \cdot R \cdot (e^{-Kc} - e^{-Kt}) \quad (1)$$

Sendo que  $Q_{\text{CH}_4}$  refere-se a quantidade de gás produzido ( $\text{m}^3/\text{ano}$ ),  $L_0$  é o

potencial de geração de CH<sub>4</sub> por tonelada de lixo (m<sup>3</sup>/t<sub>RSU</sub><sup>-1</sup>), R é a média de resíduos depositados no aterro (t<sub>RSU</sub>/ano), K é a constante de geração de CH<sub>4</sub> (ano<sup>-1</sup>), t é o tempo decorrido desde o início da disposição do resíduo no aterro (anos) e c é o tempo desde o encerramento do aterro (anos). Para aterros ativos, .

Para casos nos quais não se tem informações detalhadas dos resíduos depositados no aterro de RSU, a média de resíduos depositados no aterro, R, é calculado a partir da quantidade de total de lixo recebido pela idade do aterro.

O coeficiente K varia em função da umidade do resíduo, tipo de resíduo, disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento do processo anaeróbico, PH e temperatura. Estas variáveis irão determinar o tempo de geração de metano e o tempo de vida dos aterros (CABRERA, 2011). Os valores de referência de K dependem da pluviosidade local (USEPA, 2005): para pluviometria inferior a 635 mm/ano, K = 0,02; para pluviometria superior a 635 mm/ano, K = 0,04.

Para o potencial de geração de metano (L<sub>0</sub>), o valor recomendado pela USEPA (2005) é de 100 m<sup>3</sup>/ton de CH<sub>4</sub> por tonelada de resíduo depositado. Porém Chiemchaisri e Visvanathan (2008) argumentam que, para países em desenvolvimento, com alta parcela de material biodegradável no RSU, deve-se utilizar L<sub>0</sub> = 170 m<sup>3</sup>/ton e K = 0,05. Aqui optou-se por seguir estritamente as recomendações do modelo USEPA.

A equação 1 foi criada inicialmente para estimar a geração de metano e não para estimar as emissões, pois parte do metano gerado é capturado e degradado nas camadas superficiais do solo. No entanto, dada a dificuldade em avaliar essa degradação que ocorre nas camadas superficiais considera-se que todo metano gerado é emitido para a atmosfera e formará o biogás emitido pelo aterro sanitário (CABRERA, 2011).

Como a composição do biogás varia com o tempo, o modelo USEPA toma como composição típica do biogás: 55% CH<sub>4</sub> e 40% CO<sub>2</sub>. Para estimar a quantidade de CO<sub>2</sub> emitido para a atmosfera é utilizada a equação 2.

$$Q_{CO_2} = Q_{CH_4} \cdot (C_{CO_2\%} / C_{CH_4}) \quad (2)$$

Para conhecer as emissões de outros *i-ésimos* componentes utiliza-se a equação 3, na qual  $Q_i$  é a emissão anual do contaminante *i* (kg/ano),  $PM_i$  é a emissão anual (m<sup>3</sup>/ano),  $M_i$  é o peso molecular do contaminante (g/gmol) e  $T$  é a temperatura do biogás (caso não se tenha dados disponíveis adota-se igual a 25°C a 1 atm).

$$UM_i = Q_i \cdot \left[ \frac{PM_i \cdot 1atm}{8,205 \cdot 10^{-5} \cdot 1000 \cdot (273 + T)} \right] \quad (3)$$

### 3.2.2 Estimativa de emissões de gases controlados

Aplica-se a casos onde exista a instalação de um sistema de captura de biogás para queima em tocha ou para a produção de energia elétrica.

Os sistemas de captação não apresentam eficiência de 100%, já que parte do biogás produzido é emitido diretamente para atmosfera. No caso de desconhecer a eficiência do sistema, o método EPA sugere adotar o valor de 75% de eficiência de captação. Os dispositivos de controle e/ou utilização do gás gerado no aterro sanitário devem ser considerados. O método USEPA fornece um conjunto de dados padrão mostrados na Tabela 1, onde a eficiência do sistema de controle depende do dispositivo de controle empregado em cada aterro sanitário.

Dispositivo de controle	Contaminante	(%)
Tocha	COV	99,2
Motores de combustão interna	COV	97,2
Caldeiras	COV	98,0
Turbina a gás	COV	94,4

Tabela 1 – Eficiência do sistema de controle

COV – Composto orgânico volátil.

Fonte: adaptado de Cabrera (2011).

Para estimar os valores de emissão de  $CH_4$  e  $CO_2$ , utilizam-se as equações 4 e 5, respectivamente:

$$EC_{CH_4} = \left( NC_{CH_4} \cdot \left( 1 - \frac{n_{col}}{100} \right) \right) + \left( NC_{CH_4} \cdot \frac{n_{col}}{100} \cdot \left( 1 - \frac{n_{cont}}{100} \right) \right) \quad (4)$$

$$EC_{CO_2} = UM_{CO_2} + \left( UM_{CH_4} \cdot \frac{n_{col}}{100} \cdot 2,75 \right) \quad (5)$$

Onde  $EC_{CH_4}$  são as emissões controladas de metano (kg/ano),  $NC_{CH_4}$  são as emissões não controladas de metano (kg/ano),  $n_{col}$  é a eficiência do sistema de captação (75% *default*), e  $n_{cont}$  é a eficiência do dispositivo de controle (Tabela 1). Na Equação 5,  $EC_{CO_2}$  se refere às emissões controladas de  $CO_2$  (kg/ano),  $UM_{CH_4}$  são as emissões não controladas de  $CO_2$  (kg/ano) e 2,75 se refere à proporção entre os pesos moleculares de  $CO_2$  e  $CH_4$ .

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a EMLUR, o ASMJP recebeu, desde o início de suas atividades até 30/06/2016, 3.655.841,55 toneladas de RSU (PIMENTEL, 2017). A Tabela 2 mostra o quantitativo anual de RSU recebidos pelo Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa/PB, entre 2003 e 2015.

RESÍDUOS SÓLIDOS (toneladas)								
Ano	Alhandra	Santa Rita	Conde	Cabedelo	Bayeux	João Pessoa	Outros	Total anual
2003	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	414.543,88
2004	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	421.795,81
2005	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	466.503,31
2006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	525.731,20
2007	n.d.	31.937,00	10.232,00	26.383,00	23.486,00	397.393,00	9.194,00	498.625,00
2008	n.d.	51.925,66	10.973,21	38.895,26	27.026,65	330.479,94	12.592,53	471.893,25
2009	n.d.	36.342,56	10.549,45	35.361,04	24.132,27	329.370,03	9.740,16	445.495,51
2010	n.d.	28.853,81	9.752,04	32.503,51	23.025,71	392.818,98	10.824,51	497.778,56
2011	n.d.	37.017,99	11.621,15	32.778,68	28.699,79	411.910,20	11.315,13	533.342,94
2012	n.d.	43.586,93	12.195,70	31.403,80	30.067,13	431.108,46	21.867,43	570.229,45
2013	2.354,39	66.080,60	7.820,34	37.495,36	36.778,13	460.925,91	31.640,83	643.095,56
2014	5.297,24	64.546,87	11.813,45	34.296,97	27.555,75	506.784,40	69.541,43	719.836,11
2015	4.940,67	67.125,34	8.619,53	49.335,25	32.650,23	478.415,40	17.837,04	658.923,46
<b>Total</b>	<b>12.592,30</b>	<b>427.416,76</b>	<b>93.576,87</b>	<b>318.452,87</b>	<b>253.421,66</b>	<b>3.739.206,32</b>	<b>194.553,06</b>	<b>6.867.794,04</b>

Tabela 2 – Resíduos sólidos urbanos recebidos pelo aterro sanitário metropolitano de João Pessoa/PB, por município, entre 2003 e 2006, fornecidos pela EMLUR e entre 2007 e 2015, por Pimentel

n.d. – informação detalhada por município não disponível.

Fonte: EMLUR, 2016; PIMENTEL, 2017.

A Tabela 3 mostra a estimativa da geração anual de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, aplicando o modelo USEPA para aterros controlados, para o caso do município de João Pessoa/PB.

Ano	Aterro Controlado					
	UM <sub>CH<sub>4</sub></sub> kg/ano	CM <sub>CH<sub>4</sub></sub> kg/ano	Q <sub>CH<sub>4</sub></sub> <sup>*</sup> m <sup>3</sup> /ano	UM <sub>CO<sub>2</sub></sub> kg/ano	CM <sub>CO<sub>2</sub></sub> kg/ano	Q <sub>CO<sub>2</sub></sub> <sup>*</sup> m <sup>3</sup> /ano
2003	1.355.508,04	347.010,06	2.071.461,97	2.711.016,08	3.080.700,09	1.506.517,80
2004	2.657.865,85	680.413,66	4.061.700,75	5.315.731,70	10.797.580,01	2.953.964,18
2005	3.909.157,48	1.000.744,31	5.973.901,16	7.818.314,95	15.880.952,25	4.344.655,39
2006	5.111.385,26	1.308.514,63	7.811.123,11	10.222.770,52	20.765.002,61	5.680.816,81
2007	6.266.473,02	1.604.217,09	9.576.306,57	12.532.946,03	25.457.546,62	6.964.586,59
2008	7.376.269,13	1.888.324,90	11.272.276,18	14.752.538,27	29.966.093,35	8.198.019,04
2009	8.442.549,52	2.161.292,68	12.901.745,88	16.885.099,05	34.297.857,44	9.383.087,91
2010	9.467.020,46	2.423.557,24	14.467.323,16	18.934.040,92	38.459.770,62	10.521.689,57
2011	10.451.321,32	2.675.538,26	15.971.513,28	20.902.642,63	42.458.492,85	11.615.646,02
2012	11.397.027,19	2.917.638,96	17.416.723,25	22.794.054,37	46.300.422,94	12.666.707,82
2013	12.305.651,40	3.150.246,76	18.805.265,73	24.611.302,80	49.991.708,80	13.676.556,90
2014	13.178.647,94	3.373.733,87	20.139.362,69	26.357.295,89	53.538.257,27	14.646.809,23
2015	14.017.413,81	3.588.457,93	21.421.148,95	28.034.827,61	56.945.743,59	15.579.017,42

Tabela 3 - Geração anual de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, segundo o modelo USEPA para aterros controlados, para o caso de João Pessoa/PB

\* CH<sub>4</sub>: 0,668 kg/m<sup>3</sup>; \* CO<sub>2</sub>: 1,842 kg/m<sup>3</sup>.

Fonte: USEPA, 2003.



A Tabela 4 mostra os valores das emissões de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> obtidas desde o início das atividades no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa/PB em 2003, considerando-o como aterro não controlado, bem como a taxa de geração utilizando o método USEPA.

Ano	Aterro não controlado		Aterro controlado	
	EC <sub>CH<sub>4</sub></sub> (m <sup>3</sup> /ano)	EC <sub>CO<sub>2</sub></sub> (m <sup>3</sup> /ano)	EC <sub>CH<sub>4</sub></sub> (m <sup>3</sup> /ano)	EC <sub>CO<sub>2</sub></sub> (m <sup>3</sup> /ano)
2003	3.100.990,97	580.140,81	2.071.461,97	519.476,13
2004	6.080.390,35	1.137.533,97	4.061.700,75	1.018.583,32
2005	8.942.965,81	1.673.071,43	5.973.901,16	1.498.120,23
2006	11.693.298,07	2.187.610,17	7.811.123,11	1.958.854,23
2007	14.335.788,27	2.681.973,56	9.576.306,57	2.401.522,59
2008	16.874.664,95	3.156.952,68	11.272.276,18	2.826.833,68
2009	19.313.990,84	3.613.307,60	12.901.745,88	3.235.468,08
2010	21.657.669,40	4.051.768,59	14.467.323,16	3.628.079,70
2011	23.909.451,01	4.473.037,28	15.971.513,28	4.005.296,79
2012	26.072.939,00	4.877.787,79	17.416.723,25	4.367.722,99
2013	28.151.595,41	5.266.667,80	18.805.265,73	4.715.938,26
2014	30.148.746,54	5.640.299,61	20.139.362,69	5.050.499,81
2015	32.067.588,25	5.999.281,11	21.421.148,95	5.371.943,02

Tabela 4 - Geração anual de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, segundo o modelo USEPA para aterros não-controlados, para o caso de João Pessoa/PB.

Fonte: USEPA, 2003.

A Figura 1 mostra a curva de geração de biogás, CH<sub>4</sub>, dependendo do modelo USEPA aplicado, considerando o aterro não controlado ou controlado.

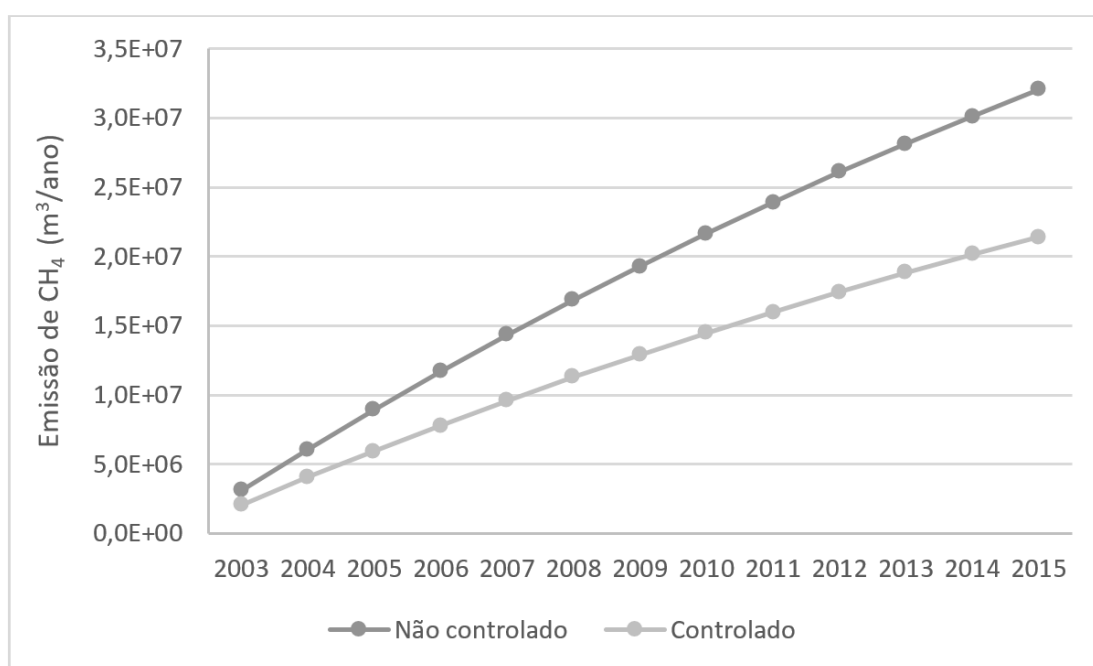


Figura 1 - Geração anual de biogás, de acordo com os modelos USEPA, para o aterro sanitário metropolitano de João Pessoa

Observa-se na Figura 1 que apesar da diferença entre as curvas, se comportam de modo similar. O método USEPA foi desenvolvido para ser um método rápido e fácil de ser aplicado, para estimar de maneira geral a taxa de geração de biogás em um aterro, baseado no modelo mais simples possível disponível que fosse consistente com os princípios fundamentais (VIGIL, 1998).

Segundo Abrelpe (2013), justamente por causa das incertezas embutidas na estimativa de  $L_0$  e  $K$ , os cálculos das taxas de geração de biogás ficam ao redor de  $\pm 50\%$ , exceto se o modelo puder ser calibrado com os dados reais a partir de um sistema de coleta de gás razoavelmente abrangente.

Finalmente, considerou-se que o método USEPA não é, portanto, o mais adequado por conceber que a geração de resíduos é considerada por meio de um valor constante ao longo dos anos (MENDES; MAGALHÃES SOBRINHO, 2008; DARÁS *et al.*, 2013).

## 5 | COMENTÁRIOS FINAIS

Neste trabalho aplicou-se o modelo da USEPA (LandGEM) para estimar a geração de biogás (gás de aterro) no aterro sanitário metropolitano de João Pessoa, a partir de dados reais de resíduos sólidos urbanos coletados pela Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR), desde que o aterro entrou em funcionamento (2003).

Se os termos de  $L_0$  e  $K$  possuísssem menores incertezas associadas, o modelo de decaimento de primeira ordem prediria a geração de biogás com relativa precisão. Porém sabe-se que os parâmetros variam grandemente, e são difíceis de estimar precisamente em um aterro específico.

Trabalhos futuros das autoras incluem a aplicação de outros modelos, mais refinados (que levem em consideração a geração de biogás ao longo dos anos, por meio de uma aproximação da cinética de decomposição do resíduo), para estimativa de geração de biogás no aterro sanitário metropolitano de João Pessoa/PB.

## 6 | AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Projeto Universal, nº 475879/2013-9 e Bolsa de Produtividade em Pesquisa, nº 303199/2015-6.).

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2013.

AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - EMLUR. Quantitativo de resíduos recebidos pelo aterro sanitário metropolitano de João Pessoa. Protocolo 201516909. João Pessoa: EMLUR, 2016.

AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIS) de João Pessoa**. João Pessoa: EMLUR, vol. 1 (Diagnóstico), 2014.

BRASIL. Decreto 7.404/2010. 2010b. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.

BRASIL. Lei Nº 12.305/2010. 2010a. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Aproveitamento Energético do Biogás de Aterro Sanitário. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

BRITO FILHO, L. F. **Estudo de Gases em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

CABRERA, E. G. *Análisis de Productos y Procesos en un Vertedero R.S.U. para su Aprovechamiento Energético*. Relatório, Engenharia Técnica Industrial, Universidade de Sevilha. Sevilha, Espanha, 2011.

CHIEMCHAISRI, C.; VISVANATHAN, C. Greenhouse gas emission potential of the municipal solid waste disposal sites in Thailand. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 58, n. 5, p. 629-635, 2008.

DARÁS, F. G.; MENDOZA, F. J. C.; MARTÍNEZ, F. R.; ARANDA, G. *Análisis comparativo entre los modelos de generación de biogás aplicados a las emisiones de un relleno sanitario en México*. In: SIMPOSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS, 5, 2013, Argentina. **Anais...** Argentina: REDISA, 2013.

FAOUR, A. A.; REINHART, D. R.; YOU, H. First-order kinetic gas generation model parameters for wet landfills. **Waste Management**, v. 27, n. 7, p. 946-953, 2007.

FRIIS, R. H. **The Praeger Handbook of Environmental Health**. [s.l.]: ABC-CLIO, 2012.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. João Pessoa: [s.n.], 2014.

MENDES, L. G. G.; MAGALHÃES SOBRINHO, P. Comparação entre métodos de estimativa de geração de biogás em aterro sanitário. **Revista Biociências**, v. 13, 2008.

NAÇÕES UNIDAS. Sustainable development knowledge platform. 2016. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

OONK, H.; BOOM, T. Validation of landfill gas formation models. **Studies in Environmental Science**, v. 65, p. 597-602, 1995.

PIMENTEL, C. H. L. **A gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/PB - à luz das rotas tecnológicas**. Recife: UFPE, 2017.

TARAZONA, C. F. **Estimativa de Produção de Gás em Aterros de Resíduos Sólidos Urbano**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide. 2005. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir1/landgem-v302-guide.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016.

VIGIL, S. A. **Evaluation of the US EPA recommended approach to predicting air emissions from pulp and paper industry landfills.** TECHNICAL BULLETIN NO. 790. Research Triangle Park, N.C.: National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement Inc., 1998.

## COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA DE BATIDAS DE UM CARNEIRO HIDRÁULICO ARTESANAL E SEU EFEITO NO RENDIMENTO

### **Letícia Passos da Costa**

Centro Universitário da Fundação Educacional  
Guaxupé - UNIFEG  
Guaxupé – Minas Gerais

### **Dian Lourençoni**

Universidade Federal de Lavras – UFLA  
Lavras – Minas Gerais

### **Mariela Regina da Silva Pena**

Universidade Federal de Lavras – UFLA  
Lavras - Minas Gerais

### **Vinícius Pereira Mello Ribeiro**

Centro Universitário da Fundação Educacional  
Guaxupé - UNIFEG  
Guaxupé - Minas Gerais

### **César Barbieri**

Centro Universitário da Fundação Educacional  
Guaxupé - UNIFEG  
Guaxupé - Minas Gerais

### **Otávio Augusto Carvalho Nassur**

Universidade Federal de Lavras – UFLA  
Lavras – Minas Gerais

**RESUMO:** Um dos maiores problemas existentes em países subdesenvolvidos, é o abastecimento de água no setor rural. O experimento foi realizado em uma propriedade localizada no município de Muzambinho, Minas Gerais. O carneiro foi confeccionado utilizando-se tubulações de PVC de 1 polegada com o objetivo de avaliar a influência de diferentes

frequências de pulsação da válvula no rendimento de um carneiro hidráulico artesanal. Para a confecção do carneiro foram utilizadas tubulações de PVC e depois de confeccionado, o carneiro foi instalado com altura de alimentação de 4,1 metros e altura de recalque de 11,40 metros. Foram testadas cinco frequências diferentes da batida da válvula de escape, sendo elas de 36, 40, 48, 60 e 80 batidas por minuto. Para cada tratamento foram realizadas três repetições. Os resultados mostraram que as pulsações que obtiveram os melhores rendimentos foram as de 48, 60 e 80 batidas por minuto. Os rendimentos médios encontrados para pulsação variando de 40 a 80 batidas por minuto estão dentro da média estipulada pelo Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos – CERPCH. **PALAVRAS-CHAVE:** Frequência de pulsação, rendimento, sustentabilidade.

**ABSTRACT:** The main problems in underdeveloped countries are the supply of water in the rural sector. The experiment was carried out in a city located in the municipality of Muzambinho, Minas Gerais. The ram was made using 1-inch PVC tubes with the objective of evaluating an influence of valve pulsation frequencies without yield of a handmade hydraulic ram. For the production of the ram, PVC pipes were used and after they were made,



the ram was installed with a height of 4.1 meters and a settling height of 11.40 meters. Five different exhaust valve frequencies were tested, being 36, 40, 48, 60 and 80 beats per minute. For the text was a voice three repetitions. The results were of the type: pulsations that obtained the best results were those of 48, 60 and 80 beats per minute. The average yields for pulsation ranging from 40 to 80 are within the mean stipulated by the National Reference Center on Small Hydroelectric Power Plants – CERPCH.

**KEYWORDS:** Pulse rate, yield, sustainability.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas existentes em países subdesenvolvidos, é o abastecimento de água no setor rural, já que fatores como preço da energia elétrica e falta de alternativas viáveis são dificuldades enfrentadas (Zárate Rojas, 2002). Para a maioria das maneiras de recalque de água utilizadas, faz-se necessário o uso de energia elétrica ou de algum combustível.

Uma solução viável para o problema é o uso do carneiro hidráulico, que se dá pelo funcionamento automático com aproveitamento do golpe de aríete resultante do fechamento abrupto da válvula de impulso, seja para irrigação ou para consumo humano (Oliveira, 2011). É um equipamento muito simples podendo ser adquirido no mercado ou ser construído de forma artesanal, consiste de um tubo de escoamento ou alimentação, uma válvula de impulso, uma válvula de recalque, uma câmara de ar e um tubo de recalque no qual a água é direcionada ao reservatório de consumo (Oliveira & Souza, 2015). É necessário que exista água suficiente no local para fazê-lo funcionar, já que não necessita de energia elétrica para tal. O material constituinte do carneiro hidráulico é de grande importância para o efeito do golpe de aríete, pois o rendimento do carneiro é afetado pelo tipo de material constituinte da tubulação de alimentação (Cararo et al., 2007). Ainda segundo este autor, de acordo com a rigidez do material pode-se definir seu desempenho, como por exemplo, materiais rígidos são melhores, já que não absorvem tanto o impacto do golpe de aríete, devido ao menor coeficiente de elasticidade ( $k$ ), por exemplo, o aço. Já materiais mais elásticos, como o PVC, absorvem maior energia do golpe de aríete, interferindo na eficiência do carneiro hidráulico.

É possível também obter um maior rendimento hidráulico ou um maior volume de água elevada, regulando-se a frequência de pulsação da válvula, pois a mesma está diretamente ligada ao rendimento do aparelho De acordo com Dardot (2012). O rendimento de um carneiro hidráulico artesanal está dentro da faixa de 30 a 60% segundo o Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos – CERPCH (2002).

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a influência de diferentes frequências de pulsação da válvula no rendimento de um carneiro hidráulico artesanal.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma propriedade localizada no município de Muzambinho, Minas Gerais. O carneiro foi confeccionado utilizando-se tubulações de PVC de 1 polegada (Figura 1).



Figura 1. Carneiro hidráulico artesanal utilizado.

Para o reservatório de alimentação foi utilizada caixa d'água com capacidade de 1000L, cujo nível de água foi mantido constante a um desnível de 4,10 m em relação ao nível do carneiro hidráulico artesanal (Altura de alimentação). A partir do reservatório, a água foi conduzida por uma tubulação PVC de 1 polegada e a água recalçada foi derivada para uma tubulação de PVC de 1 polegada e levada a uma segunda caixa com capacidade de 250L instalada a um desnível de 11,40 m em relação ao nível do carneiro hidráulico artesanal (Altura de recalque).

As vazões foram medidas pelo processo volumétrico usando um balde calibrado com capacidade para 11 litros e cronômetro, um registro de gaveta foi instalado próximo a um manômetro com a finalidade de medir as diferentes pressões de recalque.

A vazão de alimentação foi definida também pelo processo volumétrico, pela relação da soma do volume não recalçado e volume recalçado divididas pelo tempo de coleta; para isto ser possível.

Foi determinado o número de batidas da válvula de escape no intervalo de um minuto com auxílio de um cronometro. Foram testadas cinco frequências diferentes da batida da válvula de escape, sendo elas de 36, 40, 48, 60 e 80 batidas por minuto. Para cada tratamento foram realizadas três repetições.

O rendimento foi calculado pela equação 1 e a vazão de desperdício pela diferença entre alimentação e recalque.

$$\eta = \frac{q H}{Q h} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

$\eta$  – rendimento do carneiro hidráulico, %

q – vazão de recalque,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

H – altura de recalque em relação ao carneiro hidráulico, m

Q – vazão de alimentação,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

h – desnível da fonte de alimentação ao carneiro hidráulico, m

Também foi realizada a análise estatística dos dados de vazão de recalque, rendimento e vazão de desperdício, utilizando-se a análise de variância e o teste de comparação de médias por Tukey a um nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram processadas pelo software SISVAR (FERREIRA, 2003)

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística (Tabela 1) mostraram rendimentos médios variando de 28,38% a 48,27%. Não foi observada diferença estatística entre os tratamentos de 48, 60 e 80 batidas por minuto, sendo que estes obtiveram os melhores resultados, de 48,27%, 45,90% e 45,29%, respectivamente. Para os demais tratamentos observou-se diferença estatística se comparada com os descritos anteriormente, sendo os tratamentos de 36 e 40 batidas por minuto iguais estatisticamente e com médias de 28,38% e 35,77%, respectivamente. Esses resultados estão dentro da média estabelecida pelo Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos – CERPCH.

Frequência de pulsação (Batidas $\text{min}^{-1}$ )	Rendimento
36	28,38 b
40	35,77 b
48	48,27 a
60	45,90 a
80	45,29 a

Tabela 1. Valores médios do rendimento (%) para cada tratamento utilizado.

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a um nível de significância de 5%.

Os resultados encontrados nesse trabalho estão acima dos encontrados por Roldi Junior et al (2014), que encontraram um rendimento de 35,6%. Já Cararo et al (2007) obtiveram uma variação maior de rendimento do carneiro hidráulico que variaram de 11,04% a 59,28%, resultado explicado pelo fato destes autores terem avaliados diferentes combinações de estruturas para carneiro utilizando a garrafa PET. Nogueira et al (2014), utilizaram em seu estudo quatro alturas distintas e dois volumes de câmara de ar e verificaram o rendimento, vazão de alimentação, vazão de recalque, o número de batidas da válvula de pé e o rendimento também estava dentro da margem de 30 a 60% estipulada pelo CERPCH (2002).

## 4 | CONCLUSÕES

Os rendimentos médios encontrados para pulsação variando de 40 a 80 batidas por minuto estão dentro da média estipulada pelo Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos – CERPCH.

As pulsações que obtiveram melhores rendimentos foram as de 48, 60 e 80 batidas por minuto.

## AGRADECIMENTOS

Os autores expressam os seus agradecimentos à FAPEMIG pelo apoio a esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

CARARO, D. C.; DAMASCENO, F. A.; GRIFFANTE, G.; ALVARENGA, L. A. Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 11(4):349-354, 2007.

CERPCH – Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/carneiro-hidraulico/carneiro-hidraulico.pdf>>. Acessado em 05 de maio de 2017.

DARDOT, Jean-Paul. **Comportamento hidráulico de gotejadores pressurizados por carneiro Hidráulico**. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia). Curso de Pós Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2012.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: versão 4.2. Lavras: UFLA, 2003.

NOGUEIRA, D. B.; SOUZA, A. M. de.; PINHEIRO, J. I.; NETO, O. C. da R.; TEIXEIRA, A. dos S. Avaliação de carneiro hidráulico de custo acessível. **II INOVAGRI International Meeting**. Fortaleza, Brasil. 2014.

OLIVEIRA, J. R. de; KOETZ, M.; SILVA, T. J. A. da; ANICÉSIO, E. C. A. de. Construção e avaliação de equipamento para bombeamento água tipo “carneiro hidráulico alternativo”. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer. 7(13):1728-1734, 2011.

OLIVEIRA, T. J. C. de; SOUZA, T. M. Eficiência do carneiro hidráulico para bombeamento de água. **VII Congresso de Extensão Universitária da UNESP**. UNESP, Campus Guaratinguetá, 2015.

ROLDI JUNIOR, G.; LO MONACO, P. A. V.; NASCIMENTO, D. P.; MADALON, F. Z.; FREIRE, F. da P. C. Construção de carneiro hidráulico utilizando garrafa PET e acessórios. **XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014**. Campo Grande. 2014.

ZÁRATE ROJAS, R. N. **Modelagem, otimização e avaliação de um carneiro hidráulico**. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ. Piracicaba. 70f. 2002.

## CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO

### **Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Bahia – IFBA  
Paulo Afonso- Bahia

### **Laércio Ferro Camboim**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Bahia – IFBA  
Paulo Afonso - Bahia

**RESUMO:** O presente artigo retrata o desenvolvimento de um protótipo de gerador de ozônio sustentável e de baixo custo, com a finalidade de produzir o gás a partir do efeito corona formado por geradores de alta tensão, utilizando painéis fotovoltaicos como fonte de energia. O projeto visou à utilização de conceitos de eletrônica e eletrotécnica, formas de aumentar a eficiência do aparelho, de modo que seja possível produzir o gás em quantidades suficientes para a realização de testes e simulações laboratoriais em busca do aperfeiçoamento da aplicação do ozônio no tratamento de efluentes líquidos. Após a construção do protótipo a constatação da produção do ozônio se deu por borbulhamento de fluxo de saída do reator diretamente em uma solução de iodo solúvel/iodeto de potássio. Tal constatação foi obtida pela mudança de coloração da solução de incolor para azul escuro intenso. Ao término do trabalho, foram

realizados experimentos no tratamento da água proveniente de tanques de piscicultura, na qual foi constatada através de medições com o aparelho multiparâmetros. Constatou-se um aumento para o pH de 4,67 para 7,21, redução da condutividade de  $1503 \mu\text{S}/\text{cm}^2$  para  $763 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ , um discreto aumento no oxigênio dissolvido  $7,62 \text{ mg/L}$  para  $7,69 \text{ mg/L}$  e significativa redução da salinidade de  $0,70 \text{ ppt}$  para  $0,36 \text{ ppt}$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** Gerador de ozônio, efeito corona, tratamento de efluentes.

**ABSTRACT:** This research paper presents the prototype development of a low cost sustainable ozone generator that aims to produce the gas by corona effect formed with high voltage generators using photovoltaic panels as energy source. The project aimed to use electronic and electrotechnical concepts, looking forward to increase apparatus efficiency, so that is possible to produce ozone in sufficient quantities to perform tests and laboratory research to check the ozone gas application improvement in the treatment of liquid effluents. After the prototype construction the ozone production was verified by bubbling the reactor output flow directly into a solution of soluble iodine / potassium iodide. Ozone presence was confirmed by the solution coloration changing from colorless to intense dark blue. At the end of the work, experiments were carried out in



the treatment of fish ponds water, which was analysed through measurements with a multiparameter apparatus. The results were: increased pH from 4.67 to 7.21, conductivity reduction from 1503  $\mu\text{S} / \text{cm}^2$  to 763  $\mu\text{S} / \text{cm}^2$ , discrete increase in dissolved oxygen from 7.62 mg / L to 7.69 mg / L and significant salinity reduction from 0.70 ppt to 0.36 ppt.

**KEYWORDS:** *Corona Effect, Effluent Treatment, Ozone Generator, Photovoltaic Energy*

## INTRODUÇÃO

Um dos fenômenos mais comuns encontrados na engenharia elétrica de potência é o efeito corona, sendo este um mecanismo de descarga eletrostática devido à ionização de um material isolante, geralmente visto em gases submetidos a um campo elétrico com intensidade suficiente para romper a sua rigidez dielétrica (LOPES, 2016).

Em linhas de transmissão de energia elétrica o efeito corona causa alguns transtornos, uma vez que representa perda de energia para as concessionárias, podendo representar centenas de *quillowatts* por quilometro de condutor para linhas de transmissão com tensão extra elevada (WEDY, 2009). Contudo o efeito também conhecido como descarga corona não apresenta apenas desvantagens, possuindo aplicações na indústria como, por exemplo, a remoção de cargas indesejáveis em superfícies de aeronaves, e em especial na produção de ozônio (SCHIAVON, 2013).

Uma das aplicações do ozônio é o tratamento de efluentes, que tem se mostrado bastante eficiente e adequado na eliminação de substâncias resistentes à degradação nos sistemas convencionais de tratamento, sobressaindo-se em relação à utilização do cloro e do peróxido de hidrogênio. Esta técnica tem sido bastante sugerida, pois a sua utilização torna a água com baixa turbidez e demanda química de oxigênio (FERNANDES, 2010). Os recentes avanços nessa forma de tratamento tem resultado numa considerável redução dos custos envolvidos em sua aplicação, tornando-a cada vez mais atrativa (CASTILHOS, 2015).

Dentre os métodos para produção do gás, destacam-se a obtenção por eletrólise, caracterizada pela dificuldade de manipulação do ozônio; a radiação ultravioleta, que não atende as necessidades da indústria devido ao seu alto custo e baixo rendimento e por fim a produção por descarga corona, que produz quantidades significativas, sendo o método mais utilizado para a obtenção do produto (MAIDANA et al., 2015).

Devido à alta instabilidade da molécula, seu armazenamento se torna inviável, implicando em uma produção *in situ*. A ozonização é um processo de absorção gasosa com reação química onde a etapa limitante do processo é a transferência de massa devido à baixa solubilidade do ozônio na água (FORNARI, 2011).

O efeito corona gera ozônio através de uma alta tensão tal que produza um campo elétrico forte o bastante para romper a rigidez dielétrica do ar presente entre os eletrodos, onde os elétrons livres atingem altas velocidades, quebrando as moléculas

de oxigênio que ao reagruparem-se formam ozônio, composto com alto poder oxidante (LOPES, 2016).

O processo de descarga elétrica, que consiste na aplicação de uma diferença de potencial na ordem de *quilovolts* nos eletrodos do reator, pode ser obtida a partir da utilização de um conversor *flyback*, excitado por um oscilador de alta frequência, dessa forma o *flyback* atua como um transformador de alta tensão. Dentre os circuitos existentes, destaca-se o oscilador *Hartley* uma vez que ele atende a demanda por alta frequência e seu uso torna possível a utilização de valores de corrente superiores a outros tipos de osciladores, o que implica em uma potência mais alta na saída do transformador (LOPES, 2016).

A energia solar tem uma grande utilidade com relação à fonte de alimentação renovável e sustentável, mesmo havendo desafios que ainda devem ser superados, tais como o custo dos módulos fotovoltaicos e a confiabilidade dos equipamentos eletrônicos associados. A utilização de painéis fotovoltaicos em edificações e indústria tem se mostrado uma alternativa de grande viabilidade no ponto de vista econômico e ambiental, com o poder de reduzir os custos por consumo de energia enquanto reduz os impactos causados pela sua alta demanda por eletricidade (SANTOS, 2009).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de um protótipo gerador de ozônio de baixo custo a partir da reutilização de materiais de sucata de computadores e resíduos sólidos como garrafas PET, tubos metálicos e sobras de instalações elétricas. Seu princípio de funcionamento foi baseado na produção por efeito corona, possuindo painéis fotovoltaicos como fonte de energia, sendo aplicados conceitos de eletrônica e eletrotécnica para a construção de um sistema estável e sustentável. Tal sistema pretende viabilizar o processo de ozonização em escala laboratorial para sua utilização em estudos e em tratamento de efluentes.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O efeito corona ocorre quando se tem um campo elétrico intenso que acelera os elétrons existentes em torno de um condutor, fazendo-os adquirir energia o bastante para se chocar com outros átomos e assim liberar mais elétrons. Quando a colisão acontece com força suficiente, o átomo atingido passa a ter um estado de energia mais elevado, onde para voltar ao seu estado inicial, é necessário que libere essa energia sob a forma de luz, calor, energia acústica e/ou radiações eletromagnéticas (SANSEVERINO, 2010).

Uma característica marcante é que esse fenômeno se torna mais presente nas pontas dos condutores, pois as cargas elétricas tendem a se acumular em locais mais pontiagudos, tornando o campo elétrico mais intenso nesses pontos devido à grande densidade de cargas, fato conhecido como teoria das pontas. Um condutor cilíndrico com seção transversal bastante curta pode ter o mesmo efeito, uma vez que as cargas

se acumulam somente em sua superfície, que por sua vez possui uma área diminuta, causando uma grande densidade de cargas elétricas (GIUDICE et al., 2003).

A escolha de uma geometria adequada para um dispositivo capaz de ajudar nos estudos do efeito corona e ter uma produção significativa de ozônio é de suma importância, uma vez que certas configurações produzem arcos elétricos com mais facilidade que outras. O arranjo em cilindros coaxiais é frequentemente utilizado, pois a partir de um bom dimensionamento quanto as suas dimensões radiais, é possível obter uma maior intensidade de campo elétrico sem que haja total ruptura da rigidez dielétrica do ar (KUFFEL e KUFFEL, 2000).

A Figura 1 exibe um dispositivo com configuração em cilindros coaxiais. Como pode ser observado as linhas de campo elétrico para esta configuração são radiais, estando o seu módulo em função apenas da distância do centro do cilindro.

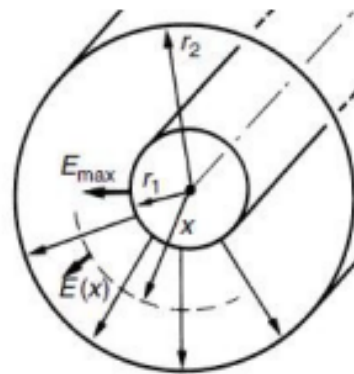


Figura 1 – Campo elétrico em cilindros coaxiais

Fonte: KUFFEL e KUFFEL, 2000

Legenda,

$r_1$  – Raio do cilindro interno (m);

$r_2$  – Raio do cilindro externo (m);

$x$  – Distância a partir do centro dos cilindros (m);

$E(x)$  – Intensidade de campo elétrico em função da distância do centro dos cilindros ( $V.m^{-1}$ ).

Ao ser aplicada uma diferença de potencial entre os dois cilindros, as suas superfícies serão uniformemente carregadas com certa quantidade de cargas por unidade de área. É possível determinar o valor do campo elétrico no espaço entre os dois cilindros através da lei de Gauss, como pode ser observado na Equação 1:

$$E(x) = \frac{\rho}{2\pi\epsilon} \cdot \frac{1}{x} \quad [1]$$

Onde

$\rho$  – densidade de cargas ( $C.m^{-1}$ );

$\epsilon$  – constante de permissividade ( $C^2 .N^{-1}.m^{-2}$ )

$x$  – distância do centro dos cilindros (m);

$E(x)$  – Intensidade de campo elétrico em função da distância do centro dos cilindros ( $N.C^{-1}$ ).

A intensidade de campo elétrico pode também ser obtida, a partir do negativo do gradiente da diferença de potencial, como exposto nas Equações 2 e 3:

$$E = - \nabla V \quad [2]$$

Logo,

$$E(x) = \frac{V}{\ln(r_2/r_1)} \cdot \frac{1}{x} \quad [3]$$

Onde,

$r_2$  – Raio do cilindro externo (m)

$r_1$  – Raio do cilindro interno (m)

$V$  – Módulo da diferença de potencial (V)

$x$  – distância do centro dos cilindros (m)

Quando o nível de tensão no cilindro menor atingir o nível de ruptura, ocorrerá uma descarga corona estabilizada ou ruptura completa. É possível então determinar por meio da Equação 3, os parâmetros para que se tenha o máximo de efeito corona estabilizado, sem que a rigidez dielétrica do ar se rompa totalmente, sendo este o ponto ótimo para a produção de ozônio (KUFFEL e KUFFEL, 2000).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia para desenvolvimento do sistema foi construída partindo desde o módulo fotovoltaico até o reator de ozônio. A Figura 2 apresenta em diagrama de blocos o funcionamento do protótipo.

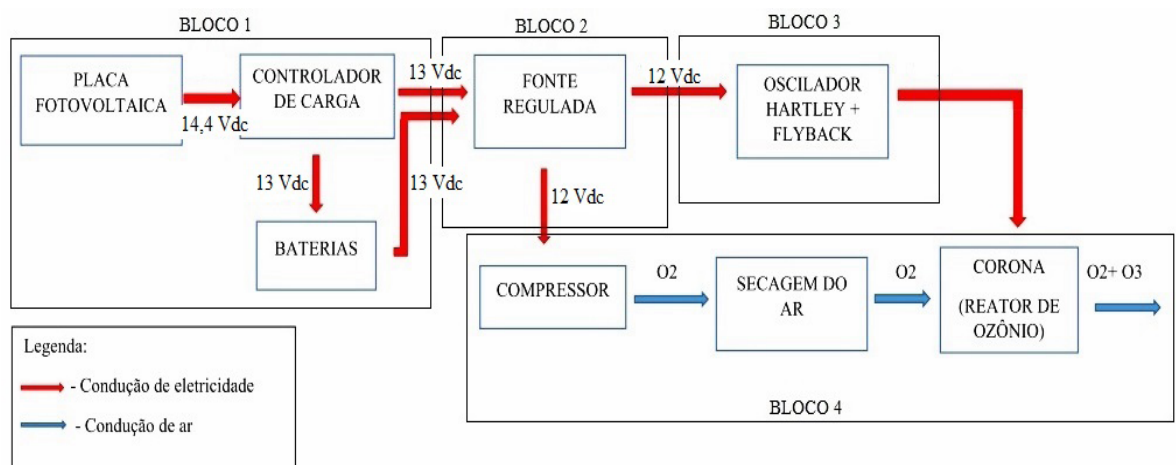


Figura 2 – Diagrama de Blocos  
Fonte: Autoria Própria

## Bloco 1 – Alimentação

A alimentação do circuito provém de uma placa fotovoltaica reaproveitada de sobras de uma instalação elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), *campus* Paulo Afonso, na qual fornece em sua saída uma tensão de 14,4 Vdc, com uma potência nominal de 100 Wp. Sendo assim, para que o funcionamento do protótipo não dependa diretamente da incidência de radiação solar, foi introduzido um conjunto de baterias resgatadas de sucatas de notebooks doados por assistências técnicas da cidade de Paulo Afonso.

Por se tratar de um sistema isolado, foi necessária a presença um controlador de carga para recarregar a bateria quando necessário e cessar a alimentação quando a mesma estivesse em plena carga (Figura 3).

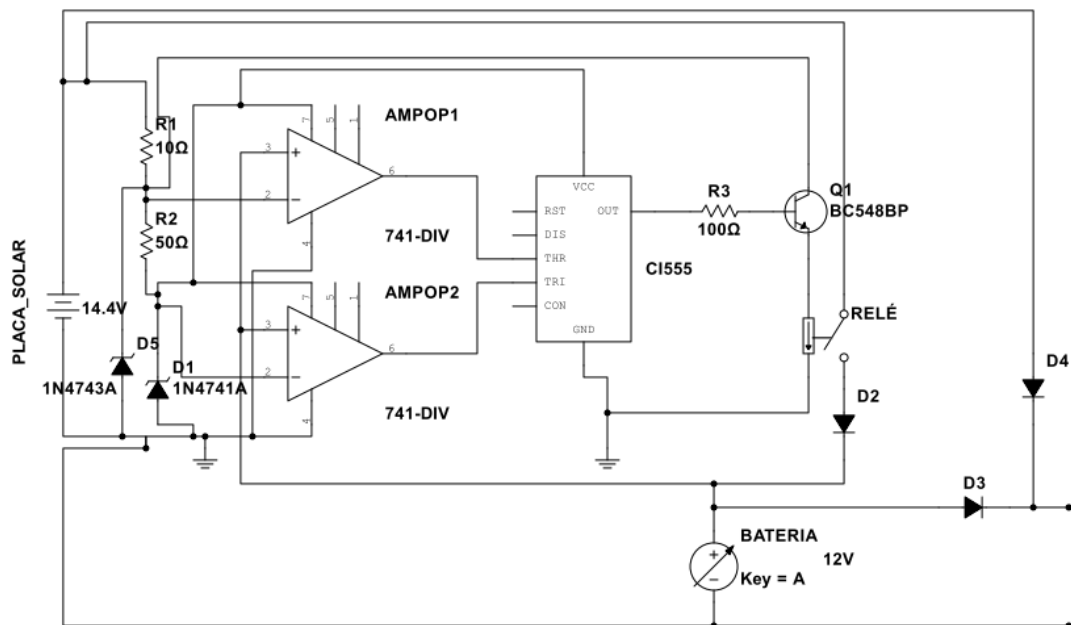


Figura 3 – Circuito do controlador de carga

Fonte: Autoria própria

## Bloco 2 – Regulação de tensão

Para o funcionamento correto do circuito, bem como proteção do mesmo contra sobrecargas e correntes de pico, foram implementados reguladores de tensão, conforme indicado pelo bloco 2 da Figura 2, utilizando-se transistores 2N3055 (Figura 4).



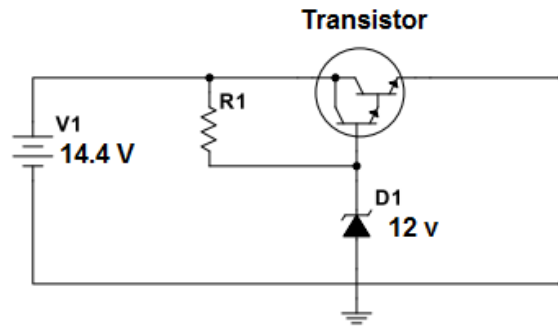


Figura 4 – Regulação de tensão

Fonte: Autoria própria

### Bloco 3 – Alta tensão

Para que se tenha a produção de ozônio por efeito corona, foi utilizado um conversor *flyback* excitado por um oscilador *Hartley*. Tal sistema funciona como um transformador, elevando a tensão de entrada para um nível capaz de romper a rigidez dielétrica do ar. O circuito que compõe o gerador de alta tensão formado pela célula *oscilador Hartley + flyback* como mostrado na Figura 5.

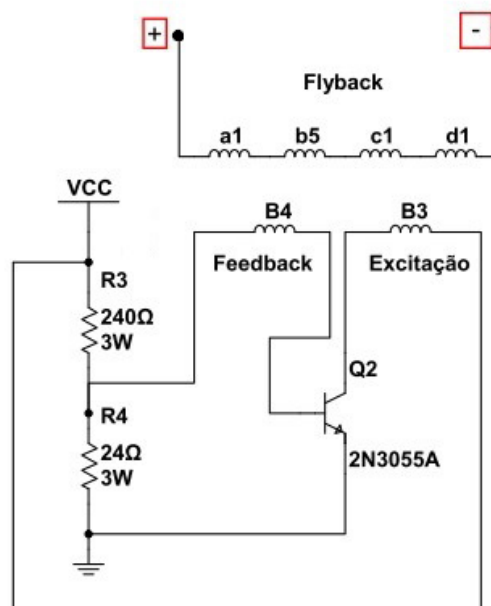


Figura 5 – Gerador de alta tensão

Fonte: Autoria própria

### Bombeamento

Para insuflar o ar para dentro do reator do gerador de ozônio foi construído um mini compressor, composto por um motor de 12Vdc acoplado a um diafragma recuperado de uma sucata de nebulizador, que por sua vez é ligado a uma câmara com sílica para retirar a umidade do ar, que em seguida entra no reator de ozônio.

## Ionização do ar

Para a construção do reator de ozônio foi necessário avaliar a geometria adequada para promover a maior superfície de contato entre a superfície que ocorre o efeito corona e o ar. Para tanto foram estudadas duas geometrias, o arranjo em placas paralelas e o arranjo por cilindros coaxiais.

Foram utilizadas tampas de garrafas PET para servir como tampões no reator, uma vez que o tubo de cobre possui o diâmetro externo tal que se encaixa perfeitamente em uma tampa de garrafa PET, sendo assim, foi posto um tampão em cada lado do tubo metálico, onde havia apenas dois orifícios em cada lado, sendo um para servir de suporte para o fio interno e outro para a entrada e saída do ar.

## Modelo final

O protótipo foi construído conforme detalhamento apresentado nas seções anteriores e apresentou a configuração mostrada na Figura 6.

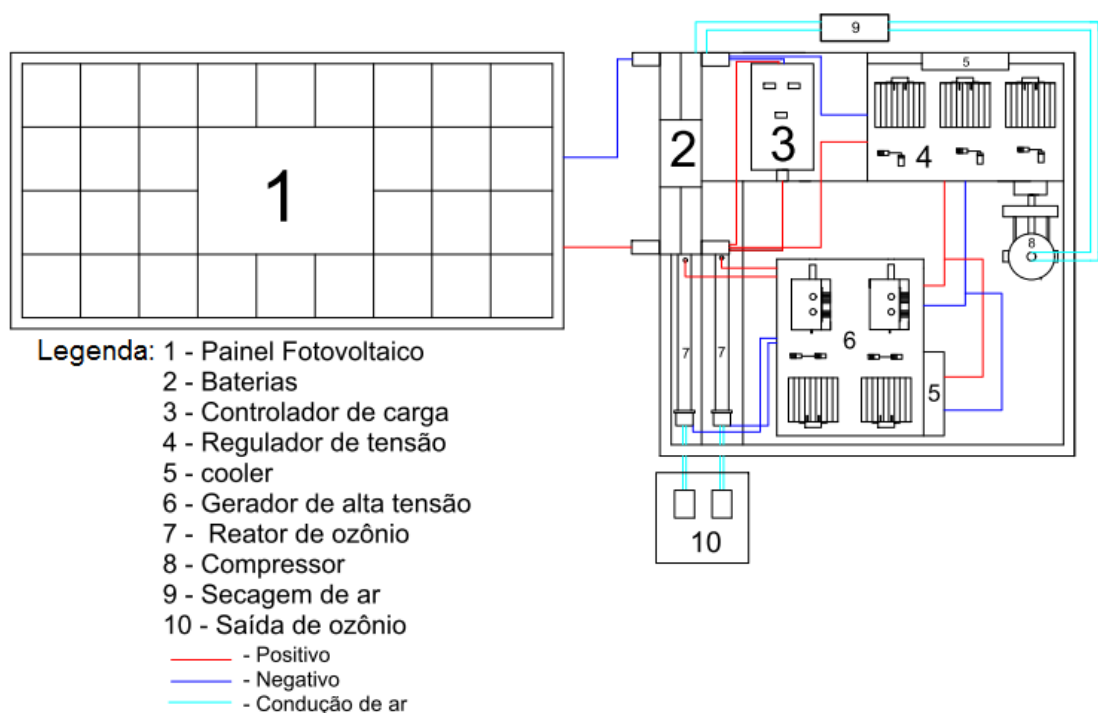


Figura 6 – Diagrama de blocos da montagem final do protótipo

Fonte: Autoria própria

## Avaliação do funcionamento protótipo

Para avaliar o desempenho do protótipo, recorreu-se a dois testes, o primeiro visou à constatação da produção de ozônio pelo sistema proposto e o segundo avaliar a eficácia do efeito oxidante do gás no tratamento de água em tanques de criação de peixes.

A constatação da produção de ozônio se deu pelo borbulhamento o gás produzido no protótipo em uma solução contendo amido solúvel e iodeto de potássio. Para o teste

da eficiência do sistema aplicado ao tratamento de efluentes, foram obtidas amostras de água de tanques de criatório de peixes da espécie tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*) cedidas pelo Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Estadual da Bahia (UNEB), Campus VIII, Paulo Afonso-BA. Tais tanques possuíam densidade média de 65 peixes/m<sup>3</sup>.

As variáveis físicas e químicas das amostras foram avaliadas antes e após o tratamento com o protótipo gerador de ozônio. O tratamento foi realizado através do contato íntimo da amostra de água com o gás gerado no protótipo com um tempo de residência de 20 min. Parâmetros como pH, salinidade, condutividade e oxigênio dissolvido foram avaliados pelo equipamento multiparâmetros modelo *YSI Professional Plus*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Bloco 1 – Alimentação

Foi observado o correto funcionamento do protótipo ao ser alimentado com a fonte de 14,4 V estando ela em paralelo com o banco de baterias e o controlador de carga. O controlador de carga desenvolvido também apresentou resultados satisfatórios, ao se conectar ao banco de baterias onde o mesmo apresentava uma tensão de 11,4 Vdc, então o dispositivo foi acionado e permaneceu no mesmo estado até que as baterias atingiram a tensão de 13,3 Vdc.

### Bloco 2 – Regulação de tensão

A regulação de tensão, bem como o controle da corrente foi obtido com sucesso, sendo constatado que ao corrigir o fator de potência de um dos *flybacks* com um capacitor de 20 nF e submeter o mesmo a uma tensão de 9 Vdc, foi obtido um melhor desempenho. O segundo componente não apresentou o mesmo resultado, permanecendo então sendo alimentado com 12 Vdc, contudo foi necessário tornar a sua célula de regulação de tensão mais robusta, então foi adicionado outro transistor 2N3055 em paralelo com o já existente. Como a corrente demandada pelo compressor é de 2 A, então o seu regulador de tensão foi construído com um transistor TIP122.

### Bloco 3 – Alta tensão

Buscando aumentar a intensidade do efeito corona, foi realizada a correção do fator de potência de um dos *flybacks*, bem como alterada a sua tensão de alimentação, conforme citado na seção anterior.

### Bloco 4 – Bombeamento e Ionização do ar

O compressor desenvolvido apresentou o correto funcionamento, sendo capaz de bombear o ar através do reator, sem apresentar aquecimento ou falhas.

Foi observado que o reator produziu efeito corona ao longo do seu comprimento, sem a presença de arcos elétricos, que de acordo com Kuffel e Kuffel (2000) é o ponto ótimo para produção de ozônio.

Para o arranjo em placas paralelas, a depender da distância entre as placas e a potência fornecida pelo *flyback*, surgiam diversos arcos elétricos, onde na tentativa de controlá-los, foi observado que a incidência de corona se dava apenas nas pontas das placas, ou em pequenos pontos nas bordas, mostrando um sistema instável e ineficiente.

Em seguida foi avaliado o arranjo por cilindros coaxiais, onde o cilindro externo foi obtido a partir de tubos de cobre resgatado de bancas quebradas encontradas no depósito do IFBA e para a seção interna foi utilizado um dos oito fios trançados de um cabo *Unshielded Twisted Pair* (UTP). Foi observado que nas bordas dos tubos, surgiam arcos elétricos atrapalhando a formação do ozônio, então, adicionou-se na parte interna de cada tampa um tubo plástico feito por tampas de caneta, envolvendo o fio sem tocá-lo, de forma que aumentasse a permissividade do meio e anulasse a formação de arcos. Esta foi a configuração onde se obteve o maior efeito corona, sem que se tivesse o surgimento de arcos elétricos.

### Protótipo final

Após os testes e correções necessárias, foi obtido o protótipo final pronto para os testes (Figura 7).

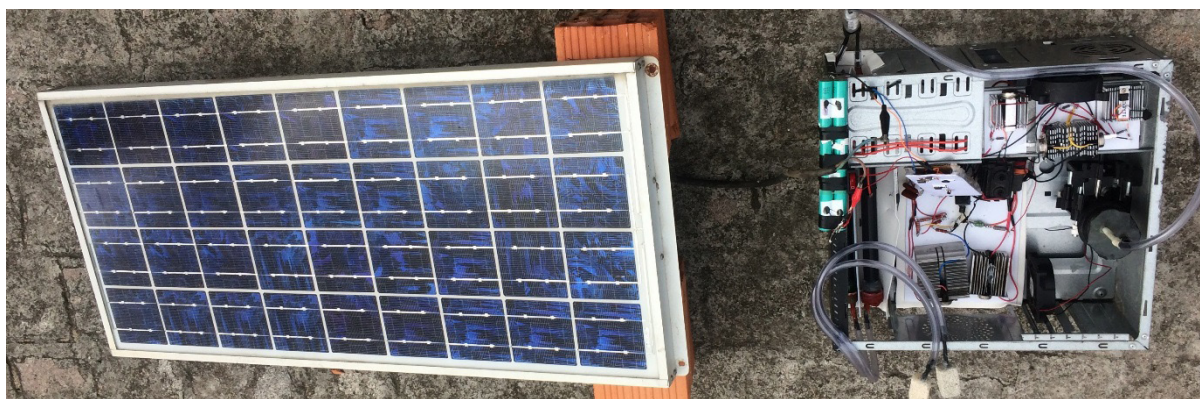


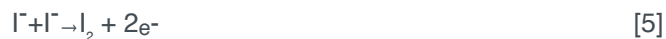
Figura 7 – Protótipo pronto para testes

Fonte: Autoria própria

### Avaliação do protótipo

Como teste inicial para constatação da produção de ozônio pelo protótipo, preparou-se uma solução de amido solúvel e iodeto de potássio. Na presença do ozônio o iodeto foi oxidado, transformando-se em iodo, percebeu a formação de iodo, pois este reage com o amido, modificando a coloração da solução incolor para azul escura. A Figura 8a mostra a solução de amido solúvel e iodeto de potássio (solução incolor). Na Figura 8b a solução com coloração azul escura devido à oxidação do iodeto comprovando a formação do ozônio no reator.

O amido é um polissacarídeo que pode ser dividido em duas estruturas, a amilose e a amilopectina. A primeira é a parte linear da cadeia polimérica e possui conformação helicoidal. Podemos entender melhor a dinâmica de oxidação do iodeto a partir das Equações 4 a 6.



A mistura do amido com o íon iodeto, observa-se que nenhuma reação ocorre (Equação 4) e a solução permanece incolor. Quando o ozônio atua convertemos o íon iodeto em iodo, esse reage com outro íon iodeto, formando a molécula  $\text{I}^{3-}$ , que forma um complexo com o amido cuja estrutura é helicoidal (tubular). O iodo se liga dentro dessa estrutura formando um complexo de coloração azul escura.



Figura 8 – Solução de amido/iodeto: a) Solução não oxidada; b) Solução oxidada.

Fonte: Autoria própria

As variáveis físicas e químicas da água bruta foram avaliadas conforme descrito na metodologia e são apresentadas na Tabela 1. Segundo Gomes et al. (2013) os valores de pH entre 7 e 8,3 são considerados ótimos para piscicultura. Os valores obtidos para a água bruta dos tanques foi de 4,67 fora da faixa considerada como ideal. Após 20 min de tratamento com o protótipo ozonizador o valor do pH passou para 7,21 dentro dos limites considerados ideais pela literatura especializada.

Parâmetro	Água Bruta	Água tratada com ozônio
Temperatura (°C)	26,6	26,7
pH	4,67	7,21
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ )	1503	763
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,62	7,69
Salinidade (ppt)	0,70	0,36

Tabela 1 – Variáveis físicas e químicas da água bruta e tratada com ozônio.

Ainda segundo os autores, a condutividade elétrica indica a capacidade da água



em conduzir corrente elétrica, esta variável fornece importantes informações sobre o metabolismo do tanque, ajudando a detectar fontes poluidoras no sistema, além de poder avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos. Valores elevados de condutividade elétrica indicam grau de decomposição elevado é o que podemos constatar no valor obtido para água bruta após o tratamento este valor foi reduzido para  $763 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ .

Segundo Silva et al. (2017) a solubilidade do oxigênio na água depende da pressão atmosférica e da salinidade da água. Tal variável tem relação direta com a pressão atmosférica e relação inversa com a salinidade. Então a redução da salinidade em quase 50% no caso em estudo aumenta a disponibilidade de oxigênio dissolvido. De modo geral os resultados obtidos para o tratamento das águas de criação de tilápia com o protótipo de gerador foram satisfatórios e sua aplicação no tratamento de tais efluentes configura apenas uma entre várias aplicações onde o gerador de ozônio pode ser utilizado.

## CONCLUSÃO

A partir dos testes realizados com o protótipo, comprovou-se a produção de ozônio, obtido a partir do efeito corona, sendo este gás utilizado no tratamento de água, demonstrando a viabilidade técnica no que tange a construção de um reator de ozônio sustentável, utilizando-se de materiais reciclados e reutilizados, além de constatar a possibilidade de tratamento de efluentes por meio deste protótipo. Os materiais reaproveitados tiveram comportamento satisfatório durante os testes e o sistema fotovoltaico de alimentação supriu a demanda de energia elétrica necessária para o funcionamento do dispositivo.

Avaliou-se a produção de ozônio por parte do protótipo através da utilização do gás em uma reação com iodeto de potássio, comprovando-se a existência do gás que, atuando como oxidante do iodeto, fez com que a solução incolor tomasse cor azul escura devido à reação de oxidação do iodeto. Ressalta-se ainda a possibilidade de utilizar o reator em uma escala maior, servindo como alternativa de tratamento de efluentes em diversas aplicações.

## REFERÊNCIAS

LOPES, M. S. **Remoção do Fármaco Ácido Mefenâmico em Água Via Oxidação por Cloro e por Ozônio por Cloro e por Ozônio**. 2016. 76 fls. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/140206>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

WEDY, G. F. **Inclusão do efeito corona em modelos de linhas de transmissão bifásica utilizando a técnica de variáveis de estado**. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/87139>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

SCHIAVON, G. J., ANDRADE, C. M., JORGE, L. M. M., PARAÍSO, P. **Projeto e Análise de um Sistema Gerador de Ozônio para Remoção de Cor de Efluente Têxtil**. Revista Unisal. São Paulo, v.16, n. 28, jun. 2013. Disponível em: <[www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/download/297/223](http://www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/download/297/223)>. Acesso em: 17 mar. 2017.

FERNANDES, A. K. S. **Reúso de água no processamento de jeans na indústria têxtil**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15974>>. Acesso em: 18 mar. 2017.

CASTILHOS, S. **Emprego de ozonização para o tratamento de efluente têxtil**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4938>>. Acesso em 03 abr. 2017.

MAIDANA, W.; KREUTZ, C.; BERNARDI, R.; “**ANÁLISE DE CLARIFICAÇÃO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS UTILIZANDO GERADOR ELETRÔNICO DE OZÔNIO**”, p. 6940-6947 . In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014 [= Blucher Chemical Engineering Proceedings, v.1, n.2]. São Paulo: Blucher, 2015.

FORNARI, A. M. D. **Geração de Microbolhas de Ozônio através de Materiais Porosos para Aplicação em Tratamento de Efluentes**. 2011. 37 fls. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/37457/000822126.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

SANTOS, I. P. **Integração de painéis solares fotovoltaicos em edificações residenciais e sua contribuição em um alimentador de energia de zona urbana mista**. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/92927>>. Acesso em: 5 abr. 2017.

SANSEVERINO, A. A. S. **Metodologia de cálculo da tensão crítica de isolamento de linhas de transmissão de energia elétrica usando o método dos elementos finitos**. 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/2714>>. Acesso em 6 abr. 2017.

GIUDICE, E. B. et al. **Desenvolvimento de Condutores Compactos Aplicados a Projetos de Linhas Aéreas de Transmissão**. Disponível em: <<http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20090424161104-Desenvolvimento%20de%20Condutores%20Compactos.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017.

KUFFEL, J.; KUFFEL, P. **High voltage engineering fundamentals**. Newnes, 2000. Disponível em: <[http://160592857366.free.fr/joe/ebooks/Electronics%20and%20Electrical%20Engineering%20Collection/KUFFEL,%20E.%20\(2000\).%20High%20Voltage%20Engineering%20-%20Fundamentals%20\(2nd%20ed.\)/High\\_Voltage\\_Engineering\\_2E.pdf](http://160592857366.free.fr/joe/ebooks/Electronics%20and%20Electrical%20Engineering%20Collection/KUFFEL,%20E.%20(2000).%20High%20Voltage%20Engineering%20-%20Fundamentals%20(2nd%20ed.)/High_Voltage_Engineering_2E.pdf)> Acesso em 15 abr. 2017.

GOMES, L. K. S., SOUZA, J. R. M., AMORIM, G. E. P., PEREIRA, F. Q., CAMPELLO, T. H. P., PESSOA, M. N. C., PACHECO, J. C., BRITO, A. M. S. S.

**ANÁLISE DE ALGUNS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA EM TANQUES PARA CULTIVO DE TILÁPIAS E TAMBAQUIS**. XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX, Recife, 2013.

AGRA, J. U. M., KLINK, J. M., RODRIGUES, G. G. **Monitoramento da Piscicultura em Reservatórios: Uma Abordagem Ecológica**. Revista Brasileira de Geografia Física, V6, 2012, 1457-1472.

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

### **Luiz Eduardo Vieira de Arruda**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Mossoró - Rio Grande do Norte

### **Sérgio Luiz Aguilar Levien**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Mossoró - Rio Grande do Norte

### **Vladimir Batista Figueirêdo**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Mossoró - Rio Grande do Norte

### **José Francismar de Medeiros**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Mossoró - Rio Grande do Norte

**RESUMO:** Nas últimas décadas, com o intuito de melhorar a produção e reduzir o consumo de água e energia, tem-se desenvolvido instrumentos, como os tensiômetros digitais, capazes de monitorar e armazenar dados de tensão de água no solo de forma contínua. Baseado no exposto objetivou-se com esta pesquisa avaliar o desempenho de tensiômetro digital no monitoramento da umidade do solo em um Cambissolo. Para a avaliação do desempenho dos tensiômetros digitais foram montados vasos com aproximadamente 60 L de solo e monitorada, em laboratório, a umidade do solo durante 72 h. Inicialmente foi aplicado um volume de 5 L de água, simulando uma irrigação, utilizando três (3) vazões (0,72; 1,52

e 2,50 L h<sup>-1</sup>), e posteriormente foi monitorada a redistribuição de água no solo. A aplicação de água foi realizada via irrigação localizada (irrigação por gotejamento superficial, usando microtubo como emissor). Os sensores foram instalados a uma distância de 0,09 m do gotejador nas profundidades de 0,05; 0,15 e 0,25 m. Os dados obtidos em laboratório foram comparados com os dados simulados com o modelo Hydrus 2D, utilizando os índices estatísticos coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), raiz quadrada do erro médio (RMSE) e erro absoluto médio (EAM). Os tensiômetros analisados apresentaram bom ajuste em relação ao modelo Hydrus, com altos valores de R<sup>2</sup> e baixos valores de RMSE e EAM. Os tensiômetros apresentam um tempo maior de resposta para rápidas variações de umidade. Os tensiômetros digitais podem ser utilizados para monitorar o movimento da água no solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dinâmica de água no solo; Modelo numérico; Hydrus 2D.

**ABSTRACT:** In recent decades, in order to improve production and reduce water and energy consumption, instruments such as digital tensiometers have been developed to continuously monitor and store soil water tension data. Based on the above, this study aimed to evaluate the performance of a digital tensiometer in the monitoring of soil moisture in

a Inceptisol. In order to evaluate the performance of digital tensiometers, pots with approximately 60 L of soil were mounted and the soil moisture was monitored for 72 h in the laboratory. Initially, a volume of 5 L of water was applied, simulating an irrigation, using three (3) flow rates (0.72, 1.52 and 2.50 L h<sup>-1</sup>), and later the redistribution of water in the soil was monitored. The application of water was performed via localized irrigation (surface drip irrigation, using microtube as emitter). The sensors were installed at a distance of 0.09 m from the dripper at depths of 0.05; 0.15 and 0.25 m. The data obtained in the laboratory were compared with the data simulated with the Hydrus 2D model, using the statistical coefficients of determination (R<sup>2</sup>), square root mean error (RMSE) and mean absolute error (EAM). The tensiometers analyzed presented a good fit in relation to the Hydrus model, with high values of R<sup>2</sup> and low values of RMSE and EAM. Tensiometers have a longer response time for fast moisture variations. Digital tensiometers can be used to monitor the movement of water in the soil.

**KEYWORDS:** Soil water dynamics; Numerical model; Hydrus 2D.

## 1 | INTRODUÇÃO

Monitorar a quantidade de água no solo disponível às plantas, durante a produção agrícola, é primordial para a realização do manejo eficiente da irrigação, o qual acarretará em melhor desempenho das culturas, tanto em termos de rendimento como de qualidade, maximizando a produção, otimizando o uso dos recursos hídricos e diminuindo o consumo de energia, e, conseqüentemente, com redução do custo de produção (HUISMAN et al., 2003; DUKES et al. 2010; MONTESANO et al., 2015).

Para a quantificação da disponibilidade de água no solo para as plantas é necessária a utilização de ferramentas simples e precisas, que auxiliem o produtor na tomada de decisão, informando quanto de água tem no solo e, com isto, o produtor saberá o quanto de água deve ser aplicado, aumentando assim a eficiência de uso da água, recurso este cada vez mais limitado (THALHEIMER, 2013).

Os métodos para determinação da umidade do solo são divididos em: direto, onde a umidade do solo é determinada usando a diferença entre as massas de uma amostra de solo antes e depois de seca e os indiretos, que precisam de calibração em função das características do solo e podem ser baseados em medidas da moderação de nêutron, da resistência do solo à passagem de uma corrente elétrica, da constante dielétrica do solo ou da tensão da água no solo (TEIXEIRA; COELHO, 2005; DOBRIYAL et al., 2012).

Dentre os métodos de medição indireta destaca-se o tensiômetro, por ser de fácil manuseio e apresentar um menor custo, quando comparado aos demais equipamentos. Nas últimas décadas tem-se desenvolvido novos modelos que apresentam a possibilidade de monitorar e armazenar os dados da tensão de água no solo, de forma contínua (ARRUDA et al., 2017), além da possibilidade de automação do sistema de irrigação (MONTESANO et al., 2015).

Baseado no exposto objetivou-se com esta pesquisa avaliar o desempenho de tensiômetro digital no monitoramento da umidade do solo em um Cambissolo.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no anexo I do Laboratório de Irrigação e Salinidade, pertencente à área experimental do Centro de Ciências Agrárias (CCA), lado oeste do Campus Central da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), município de Mossoró, Rio Grande do Norte. O experimento instalado teve a temperatura controlada e constante de 25 °C.

Para o monitoramento da umidade do solo foram utilizados vasos de aproximadamente 60 L cada, preenchidos com um solo, representativo da região semiárida nordestina, classificado como Cambissolo, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (SANTOS et al., 2013). Cada vaso foi posicionado sobre apoios, para facilitar o nivelamento. Em cada vaso, previamente perfurado no fundo (com a função de drenagem), foi colocada uma manta geotêxtil, para evitar a translocação do solo e consequente obstrução dos drenos. Acima desta foi colocada uma camada de brita de 0,03 m e logo acima outra manta geotêxtil, para impedir a mistura do solo com a brita e consequente redução da eficiência do dreno.

Em seguida os vasos foram preenchidos com o referido solo, sendo acrescentados volumes de solo predeterminados a cada 0,10 m e realizado uma leve compactação para que a massa específica do ficasse próxima a 1,50 g cm<sup>-3</sup>.

Os tensiômetros digitais avaliados foram desenvolvidos e são apresentados por Arruda et al. (2017). Estes possuem como característica, o uso de cápsulas cerâmicas de menores dimensões quando comparados aos tensiômetros convencionais normalmente utilizados, devido à necessidade de determinações de tensões pontuais, fornecendo uma maior precisão nas leituras, principalmente em experimentos de laboratório. Além disso, utilizam um sistema de aquisição e armazenamento de dados ao longo do tempo, que serve para auxiliar na melhor compreensão da dinâmica da água no solo.

Outra vantagem deste equipamento quando comparado com os tensiômetros convencionais é que, depois de instalados, praticamente não há mais contato do operador com o tensiômetro, minimizando o risco de quebra da cápsula porosa e deslocamento do mesmo, o que poderia ocasionar danos ao equipamento.

Para a avaliação do desempenho dos tensiômetros digitais o experimento foi conduzido durante 72 h, em laboratório, sendo que inicialmente foi aplicado um volume de 5 L de água, simulando uma irrigação, utilizando três (3) vazões (0,72; 1,52 e 2,50 L h<sup>-1</sup>), e posteriormente foi monitorada a redistribuição de água no solo. Cada vazão correspondia a um tratamento diferente. A aplicação de água foi realizada via irrigação localizada (irrigação por gotejamento superficial, usando microtubo como emissor). Os



sensores foram instalados a uma distancia de 0,09 m do gotejador nas profundidades de 0,05; 0,15 e 0,25 m, conforme Figura 1.

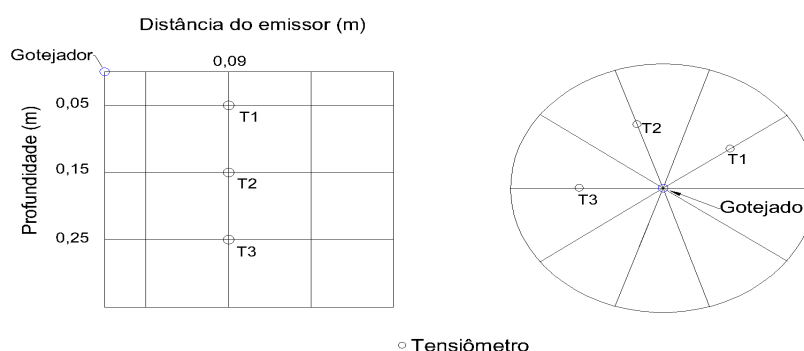


Figura 1 - Disposição dos tensiômetros no solo para monitorar a dinâmica de água no solo: (A) corte transversal; (B) vista superior

Os tensiômetros digitais coletavam dados a cada 25 segundos até completar o tempo pré-determinado (72 h), porém os dados tabulados corresponderam a intervalos de 15 minutos.

Para correlação dos dados de tensão, obtidos com os tensiômetros, com a umidade do solo foram elaboradas curvas de retenção através de amostras indeformadas, coletadas logo após o termino de cada tratamento, utilizando anéis amostradores de 0,05 m de diâmetro por 0,03 m de altura. As tensões aplicadas foram: 0; 5; 10; 20; 30; 40; 50; 100; 300; 500; 800; 2000; 5000; 10000 e 15000 cm. Para as baixas tensões, até 50 cm, utilizou-se placas de areia; para as médias tensões 60 a 300 cm a mesa de tensão; e acima destes valores as câmaras de Richards de baixa e alta tensão.

Os dados obtidos em laboratório foram comparados com os dados simulados com o modelo Hydrus 2D. Este modelo vem apresentando resultados satisfatórios para simular o movimento de água no solo sob irrigação localizada (SKAGGS et al., 2004; LAZAROVITCH et al., 2009; KANDELOUS; SIMUNEK, 2010; LI et al., 2015).

Os dados de entrada do modelo Hydrus 2D (Tabela 1) constituem-se de parâmetros físico-hídricos do solo que incluem o teor residual de água volumétrica do solo ( $\theta_r$ ), o teor de água volumétrica do solo saturado ( $\theta_s$ ), a condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_s$ ) e os parâmetros de forma da curva de retenção de água no solo ( $\alpha$ ,  $n$  e  $l$ ), utilizados para calcular as funções hidráulicas do solo do modelo de van Genuchten. Além dos dados de vazão (0,72; 1,52 e 2,50 L h<sup>-1</sup>), tempo de aplicação de água (7,15; 3,15 e 2,00 h) e tempo total de simulação (72 h).

$\theta_s$	$\theta_r$	$\alpha$	$n$	$l$	$K_s$
cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	cm <sup>-1</sup>	-	-	cm h <sup>-1</sup>
0,4648	0,0968	0,0307	2,1812	0,50	4,00

Tabela 1 – Parâmetros de entrada do modelo Hydrus 2D do solo em estudo

Para a avaliação estatística dos dados utilizou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), a raiz quadrada do erro médio (RMSE) e o erro absoluto médio (EAM).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 2 que, para a vazão de  $0,72 \text{ L h}^{-1}$  e tempo de monitoramento de 72 h, os tensiômetros apresentaram a mesma tendência de movimento de água no solo quando comparados com os dados simulados com o modelo Hydrus 2D, sendo que, de modo geral, aqueles proporcionaram maiores valores em todas as profundidades, ou seja, os tensiômetros superestimaram os valores de umidade do solo.

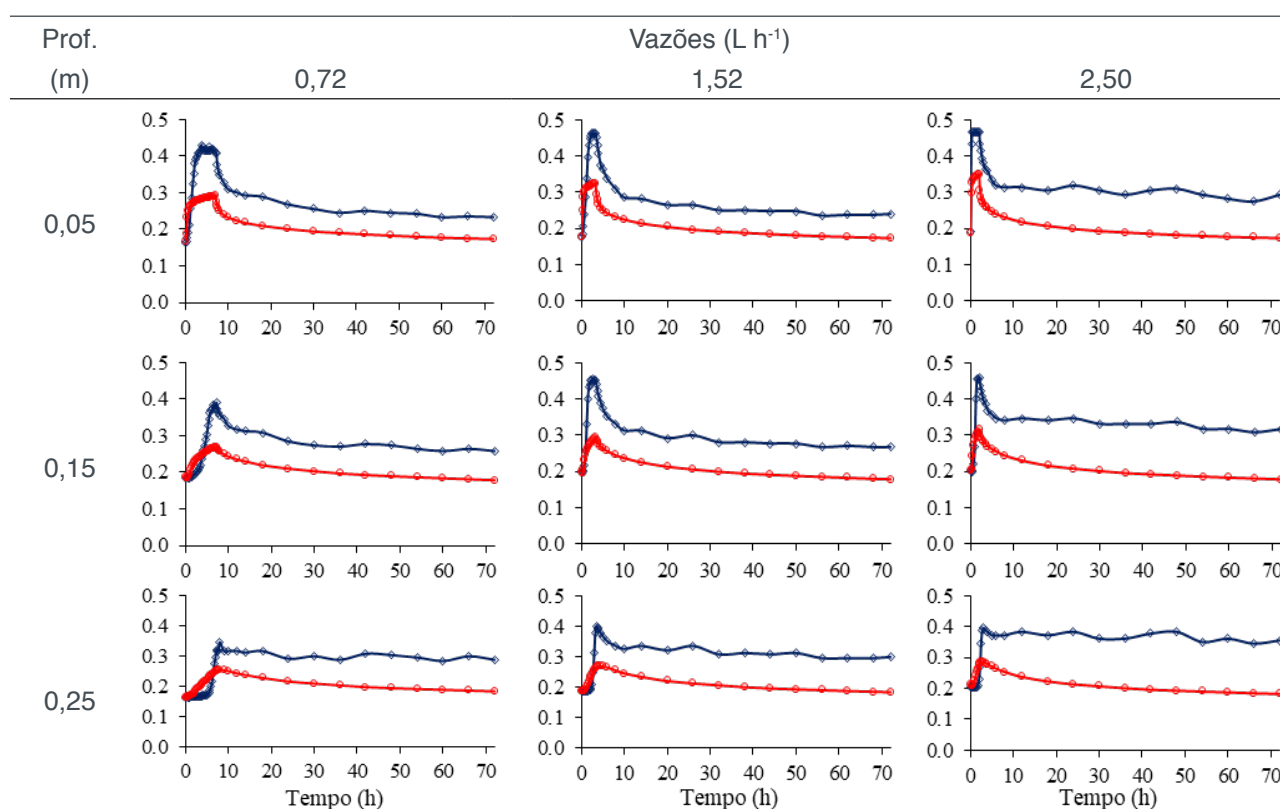


Figura 2 – Valores de umidade do solo, durante a distribuição e a redistribuição de água no solo, em função do tempo, obtidos com os tensiômetros digitais e simulados com o modelo HYDRUS 2D, para as vazões de  $0,72$ ;  $1,52$  e  $2,50 \text{ L h}^{-1}$

Considerando as demais vazões,  $1,52$  e  $2,50 \text{ L h}^{-1}$ , estas apresentaram menor uniformidade considerando os gráficos acima, sendo que, em todas as profundidades, os dados obtidos com os tensiômetros superestimaram os dados simulados com o modelo, porém, em maior proporção em relação a menor vazão.

Nota-se ainda que, os tensiômetros apresentaram respostas contundentes à aplicação de água, evidenciada pela rápida variação nas leituras dos tensiômetros, mais próximos à fonte de emissão de água, considerando as três vazões aplicadas. Essas variações nas leituras foram acontecendo nos tensiômetros, instalados a maiores profundidades, à medida que a água avançava no solo e após cessar a

aplicação de água (depois de 7,00; 3,25 e 2,00 h de irrigação, respectivamente), o solo foi secando gradativamente, como observa-se na Figura 2 o comportamento tanto do modelo quanto dos tensiômetros.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da análise estatística dos dados obtidos com o tensiômetro digital e os simulados com o modelo Hydrus 2D.

Vazão	Profundidade	R <sup>2</sup>	RMSE	EAM
L h <sup>-1</sup>	m	-	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>
0,72	0,05	0,8162	0,0478	0,0436
	0,15	0,6302	0,0448	0,0394
	0,25	0,8462	0,0403	0,0303
1,52	0,05	0,6710	0,0573	0,0479
	0,15	0,9615	0,0729	0,0633
	0,25	0,9175	0,0679	0,0528
2,50	0,05	0,9486	0,0596	0,0567
	0,15	0,7497	0,0760	0,0697
	0,25	0,6256	0,0894	0,0743

Tabela 2 - Análise estatística dos dados observados e simulados, para as diferentes vazões e profundidades

Os dados obtidos com o tensiômetro digital apresentaram pouca variação (R<sup>2</sup> acima de 0,60), quando comparados com os simulados com o modelo Hydrus 2D, ou seja, houve um bom ajuste.

Os parâmetros estatísticos RMSE e EAM ficaram próximos a zero, indicando um menor afastamento dos dados observados com os simulados. Porém, o tratamento que apresentou melhor concordância foi o de menor vazão. Isto sugere que, o tensiômetro, por ser constituído de uma cápsula porosa, seja menos sensível a variações rápidas de umidade do solo. Logo, quanto maior a vazão, maior o fluxo de água no solo, e conseqüentemente menor o tempo de resposta do tensiômetro, haja vista que a cápsula porosa necessita de um tempo maior para entrar em equilíbrio com a solução do solo.

#### 4 | CONCLUSÕES

Os tensiômetros analisados apresentaram bom ajuste em relação ao modelo Hydrus, com altos valores de R<sup>2</sup> e baixos valores de RMSE e EAM.

Os tensiômetros apresentam um tempo maior de resposta para rápidas variações de umidade.

Os tensiômetros digitais podem ser utilizados para monitorar o movimento da água no solo.

## REFERÊNCIAS

- ARRUDA, L. E. V.; FIGUEIRÊDO, V. B.; LEVIEN, S. L. A.; MEDEIROS, J. F. Desenvolvimento de um tensiômetro digital com sistema de aquisição e armazenamento de dados. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 11-20, 2017.
- DOBRIYAL, P.; QURESHI, A.; BADOLA, R.; HUSSAIN, S. A. A review of the methods available for estimating soil moisture and its implications for water resource management. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 458-459, p.110-117, 2012.
- DUKES, M. D.; ZOTARELLI, L.; MORGAN, K. T. Use of irrigation technologies for vegetable crops in Florida. **HortTechnology**, Alexandria, v. 20, n. 1, p. 133-142, 2010.
- HUISMAN, J. A.; HUBBARD, S. S.; REDMAN, J. D.; ANNAN, A. P. Measuring soil water content with ground penetrating radar: a review. **Vadose Zone Journal**, Madison, v. 2, n. 4, p. 476-491, 2003.
- KANDELOUS, M. M.; SIMUNEK, J. Comparison of numerical, analytical and empirical models to estimate wetting pattern for surface and subsurface drip irrigation. **Irrigation Science**, Heidelberg, v. 28, n. 5, p. 435-444, 2010.
- LAZAROVITCH, N.; POLLTON, M.; FURMAN, A.; WARRICK, A. W. Water distribution under trickle irrigation predicted using artificial neural networks. **Journal of Engineering Mathematics**, Amsterdam, v. 64, n. 2, p.207-218, 2009.
- LI, X. Y.; SHI, H. B.; SIMUNEK, J.; GONG, X. W.; PENG, Z. Y. Modeling soil water dynamics in a drip-irrigated intercropping field under plastic mulch. **Irrigation Science**, Heidelberg, v. 33, n. 4, p. 289-302, 2015.
- MONTESANO, F. F.; SERIO, F.; MININNI, C.; SIGNORE, A.; PARENTE, A.; SANTAMARIA, P. Tensiometer-based irrigation management of subirrigated soilless tomato: effects of substrate matrix potential control on crop performance. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 6, article 1150, 11 p., 2015.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- SKAGGS, T. H.; TROUT, T. J.; SIMUNEK, J.; SHOUSE, P. J. Comparison of HYDRUS-2D simulations of drip irrigation with experimental observations. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 130, n. 4, p. 304-310, 2004.
- TEIXEIRA, A. S.; COELHO, S. L. Desenvolvimento e calibração de um tensiômetro eletrônico de leitura automática. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 367-376, 2005.
- THALHEIMER, M. A low cost electronic tensiometer system for continuous monitoring of soil water potential. **Journal of Agricultural Engineering**, Pavia, v. 44, n. 3, p. 114-119, 2013.

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

**Rogério César Pereira de Araújo**

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Fortaleza – CE

**Victor Emmanuel de Vasconcelos Gomes**

Universidade Federal Rural do Semiárido

(UFERSA)

Mossoró – RN

**Rosângela Santiago Gomes**

Prefeitura Municipal de Caucaia

Caucaia - CE

**RESUMO:** A busca de eficiência produtiva tem levado ao uso crescente de agrotóxico na agricultura brasileira, o que tem chamado a atenção da sociedade e dos governos quanto aos riscos dos agrotóxicos sobre a saúde humana e o meio ambiente. A “Lei dos Agrotóxicos” estabelece um conjunto de práticas para o manejo do agrotóxico na agricultura, muitas vezes negligenciada pelos produtores rurais. Baseado nas recomendações legais, este estudo propõe um índice para aferir o grau de adoção das práticas de manejo de agrotóxicos pelos pequenos produtores rurais no Vale do Rio São Francisco, Bahia. Para isto, utilizou-se uma amostra de 346 propriedades rurais selecionados nos municípios de Casa Nova, Pilão Arcado, Remanso, Sento Sé e Sobradinho para estimar índices por meio de quatro abordagens distintas (média aritmética, média

ponderada, análise fatorial e componentes principais), cujas confiabilidades são testados por meio de regressões. Os resultados mostraram que o método de componentes principais gerou o índice composto com melhor robustez estatística. Com base neste índice, a taxa média de adoção de práticas de manejo do agrotóxico foi de 38,5%, considerada um nível baixo de adoção, sendo esta afetada significativamente pela idade, escolaridade e renda do produtor e o tamanho da propriedade rural.

**PALAVRAS-CHAVES:** Nordeste. Indicadores. Agricultura. Contaminação.

**ABSTRACT:** The search for productive efficiency has led to the increasing use of agrochemicals in Brazilian agriculture, which has drawn the attention of society and governments to the risks of pesticides on human health and the environment. The “Agrochemicals Law” establishes a set of practices for the management of agrochemicals in agriculture, often neglected by farmers. Based on those legal recommendations, this study proposes an index to assess the degree of adoption of agrochemical management practices by small farmers in the São Francisco River Valley, Bahia. A sample of 346 rural properties selected at the municipalities of Casa Nova, Pilão Arcado, Remanso, Sento Sé and Sobradinho



was used to estimate indices by four different approaches (arithmetic mean, weighted mean, factorial analysis and principal components), whose reliability are tested by regressions. The results showed that the principal component method generated the composite index with best statistical robustness. Based on this index, the average rate of adoption of agrochemical management practices was 38.5%, considered a low level of adoption, which was significantly affected by the age, schooling and income of the producer and the size of the rural property.

**KEY-WORDS:** Northeast. Indicators. Agriculture. Contamination.

## 1 | INTRODUÇÃO

O manejo inadequado dos agrotóxicos na agricultura tem se tornado em uma preocupação crescente dos países em função do aumento dos impactos sobre a saúde humana e meio ambiente. A Lei Federal no. 7.802, de 11 de julho de 1989 (BRASIL, 1989), regulamentada pelo Decreto 4.074 de 4 de janeiro de 2002 (BRASIL, 2002), conhecida comumente como “Lei dos Agrotóxicos”, define agrotóxicos como:

Produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na produção de florestas, nativas ou implantadas [...] (BRASIL, 1989).

A legislação brasileira também faz recomendações sobre a forma correta do manejo dos agrotóxicos que vai desde a forma como se deve proceder na identificação das pragas e doenças até a correta disposição das embalagens vazias dos agrotóxicos.

Inúmeros trabalhos têm sido feitos no sentido de caracterizar as práticas de uso dessas substâncias. Esses trabalhos apontam, qualitativamente, que o nível de adoção dessas práticas tem se mostrado baixo na agricultura brasileira. Porém, não se tem conhecimento de trabalhos que tenham mensurado quantitativamente, por meio de indicadores compostos, a magnitude da adoção dessas práticas na propriedade rural no Brasil. A construção de índices e indicadores compostos é uma ferramenta estatística útil para o planejamento e monitoramento de ações públicas e privadas à medida que permite apontar o estado da natureza e a influência de fatores determinantes deste fenômeno.

Para preencher esta lacuna, este artigo propõe um índice agregado baseado em indicadores compostos que descrevem as dimensões relacionadas ao manejo dos agrotóxicos na propriedade rural e disposição das embalagens vazias. Neste contexto, as práticas de manejo dos agrotóxicos na propriedade rural são consideradas como indicadores que permitem avaliar o desempenho das decisões dos agricultores em minimizar os riscos que o uso dos agrotóxicos e suas embalagens vazias podem causar. Tendo em vista as várias possibilidades de conceber um índice, este estudo compara quadro abordagens de indicadores compostos e aponta aquele mais eficiente. Com base no índice selecionado, faz-se a análise dos resultados de forma agregadas

e desagregada por município.

O estudo empírico é feito com os pequenos produtores rurais, distribuídos em cinco municípios do entorno da barragem de Sobradinho, no Vale do Rio São Francisco, Bahia. Esta região destaca-se pela a produção agrícola de importantes culturas tais como: culturas temporárias (feijão, milho e mandioca), fruticultura (melancia, melão, etc.), olericultura e pastagem. O Vale do Rio São Francisco se destaca por ser a maior região produtora de frutas tropicais do Brasil. Juntamente com a agricultura irrigada, o uso de agrotóxicos tornou-se uma prática disseminada entre os pequenos produtores agrícolas nesta região, especialmente nas áreas das cidades de Petrolina (PE) e de Juazeiro (BA) e seu entorno.

O artigo está dividido em quatro seções, além desta seção introdutória. Na segunda seção a metodologia da pesquisa é descrita, com destaque para a área de estudo, as etapas de construção dos índices agregados propostos e seus métodos. A terceira seção apresenta as estimativas dos índices compostos e sua análise, em termos agregados e desagregados. Finalmente, na quarta seção, são apresentadas as conclusões e sugestões.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo abrange os municípios de Casa Nova, Pilão Arcado, Remanso, Sento Sé e Sobradinho, localizados no entorno da barragem de Sobradinho, na mesorregião do Vale São Franciscano, Bahia, que ocupam uma área de 40.001 km<sup>2</sup> (Tabela 1). Os municípios que possuem maior área territorial são Pilão Arcado (11.732 Km<sup>2</sup>) e Santo Sé (12.699 Km<sup>2</sup>). A população estimada, no ano de 2016, dos cinco municípios soma 205.843 habitantes. No ano de 2016, a densidade demográfica nessa região variou no intervalo entre 2,80 e 17,09 hab/Km<sup>2</sup>. Entre esses municípios, observa-se uma desigualdade na distribuição da população, sendo Casa Nova o município mais populoso e Sobradinho aquele que possui maior densidade demográfica.

No ano de 2013, o PIB Agropecuário da região foi de R\$ 171,9 milhões, sendo Casa Nova o município com maior participação (37,4%). A atividade agrícola tem papel importante na economia desses municípios. No ano de 2015, a área plantada na região foi de 21.498 ha, destacando-se o município de Sento Sé, com a maior área plantada (47,9%), e Sobradinho, com a menor área plantada (4,8%).

Em 2010, os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) dos municípios variaram entre 0,506 e 0,631, ou seja, possuíam nível médio de desenvolvimento humano. Isto significa que esses municípios ainda podem aumentar a qualidade de vida de sua população por meio de melhoria no desempenho da economia, saúde e educação, dimensões estas que compõem o IDHM.

Município	Extensão territorial (Km <sup>2</sup> )	População <sup>1</sup> (2016)	Densidade demográfica <sup>2</sup> (2010) (hab/Km <sup>2</sup> )	IDHM <sup>3</sup> (2010)	Área Plantada (2015) (ha)	PIB Agro <sup>4</sup> (R\$ mil) (2013)
Casa Nova	9.647	72.798	7,55	0,570	3.510	64.349
Pilão Arcado	11.732	32.815	2,80	0,506	2.150	23.605
Remanso	4.684	39.149	8,36	0,579	4.510	33.635
Sento Sé	12.699	37.431	2,95	0,585	10.288	34.184
Sobradinho	1.239	23.650	19,09	0,631	1.040	16.121
Total	40.001	205.843	-	-	21.498	171.894

Nota: (1) População estimada em 2016; (2) Densidade demográfica calculada com base na população estimada em 2016; (3) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal; (4) Produto Interno Bruto Agropecuário, a preços correntes.

Fonte: ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL, 2010; Produção Agrícola Municipal, 2015; e IBGE, 2016. Tabela 1 – Caracterização demográfica e socioeconômica dos municípios da área de estudo

## 2.2 Dados da pesquisa

### 2.2.1 Amostragem

A amostragem utilizada na pesquisa foi não probabilística, do tipo exaustiva, na qual coletou-se a maior quantidade possível de observações. A pesquisa foi do tipo direta que consistiu em aplicar um questionário semiestruturado a uma amostra de 346 produtores agrícolas. Os agricultores foram entrevistados em sua própria fazenda ou na associação de produtores, lojas de agrotóxicos, etc. A coleta de dados ocorreu durante o mês de agosto, do ano de 2015.

A Tabela 2 apresenta a amostra total e sua distribuição entre os municípios pesquisados. Os municípios de Casa Nova e Sento Sé, conjuntamente, representaram 57,4% do total da amostra. Portanto, é provável que esses dois municípios tenham um peso maior na determinação dos índices agregados.

Município	Frequência	Percentual
Casa Nova	76	22,16%
Pilão Arcado	53	15,45%
Remanso	48	13,99%
Sento Sé	121	35,28%
Sobradinho	45	13,12%
Total	343	100,00%

Tabela 2 – Amostra total e sua distribuição absoluta e relativa por município pesquisado

Fonte: Dados da pesquisa.

### 2.2.2 Questionário

A pesquisa coletou variáveis quantitativas e qualitativas. As variáveis quantitativas foram tanto do tipo contínuas (área da fazenda, área agrícola e renda, etc.) quanto discretas (número de filhos, frequência de entrega de agrotóxicos, etc.). As variáveis

qualitativas foram do tipo nominal.

O questionário foi estruturado em seis partes, a saber: (i) caracterização do produtor; (ii) caracterização da fazenda; (iii) identificação das pragas e agrotóxicos; (iv) caracterização da compra, transporte e armazenamento do agrotóxico; (v) caracterização da aplicação do agrotóxico na fazenda; e (vi) manejo das embalagens de agrotóxicos.

## 2.3 MÉTODO DE ANÁLISE

Utilizou-se o método de construção de indicadores compostos, seguindo a abordagem proposta por Organization for Economic Co-Operation and Development (2008), Saisana (2005) e Nardo et al. (2005). Neste estudo, as etapas seguidas para construção do índice agregado foram: (i) definição do conceito do índice agregado e seus subcomponentes; (ii) definição dos indicadores compostos; e (iii) cálculo do índice agregado. A seguir, cada uma dessas etapas é descrita.

### 2.3.1 Definição do conceito do índice agregado e seus subcomponentes

Neste estudo, a adoção de práticas de manejo agrotóxicos na agricultura é um conceito multidimensional, consistindo de um processo que abrange ações que vai desde a identificação das pragas e doenças do cultivo até o descarte das embalagens vazias.

A abordagem de indicadores compostos é utilizada para construir o índice agregado de adoção de práticas de manejo de agrotóxico na propriedade rural. A estrutura de indicadores compostos foi estabelecida com base nas recomendações feitas pela Lei dos Agrotóxicos (Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989, atualmente regulamentada pelo Decreto 4.074, de 4 de janeiro de 2002). Estas recomendações são direcionadas para definir as quatro etapas do processo, as quais constituem os subcomponentes do manejo dos agrotóxicos. Cada uma desses subcomponentes é descrito por um conjunto de variáveis (ou indicadores individuais).

### 2.3.2 Definição dos indicadores compostos

O primeiro indicador composto (*ICIPD*), identificação das pragas e doenças no cultivo, descreve as práticas realizados pelo produtor desde a identificação das pragas e doenças no cultivo até o tipo de informações prestadas pelo agrônomo ao emitir o receituário agrônomo. Este *ICIPD* é descrita por quatro (4) variáveis nominais, a saber:

- I. Identificação das pragas/doenças dos cultivos (*IDPRAGAS*): (a) próprio produtor, agricultor vizinho, revendedor de agrotóxico, consulta na internet ou outro (0); (b) Agrônomo ou técnico agrícola (1);
- II. Prescrição do receituário agrônomo (*RECAGRO*): (a) outra fonte (0);

(b) agrônomo (1);

III. Abrangência do agrotóxico recomendado (*ABRANAGTX*): (a) agrotóxico de amplo espectro (0); (b) agrotóxico de uso específico (1).

IV. Informações providas pelo agrônomo (*INFOAGRO*): (a) nome comercial do agrotóxico (0/1); (b) precauções de uso do agrotóxico (0/1); (c) cultura e praga a ser tratada (0/1); (d) dosagem do agrotóxico (0/1); (e) advertência sobre a proteção ambiental (0/1); (f) quantidade de agrotóxico a ser comprado (0/1); (g) recolhimento das embalagens vazias (0/1); (h) Época de aplicação do agrotóxico (0/1); (i) manejo integrado de pragas (0/1); (j) período de carência após a aplicação (0/1); (k) uso do Equipamento de Proteção Individual (EPI) (0/1); (l) outro (0/1).

As variáveis *IDPRAGAS*, *RECAGRO* e *ABRANAGTX* assumem valores 0 ou 1 (0/1), ou seja, são variáveis binárias. Os escores da variável binária são descritas de acordo com o seguinte critério: 1 se a condição estiver presente; e 0, caso contrário. O valor zero significa a ausência de adoção da prática em questão e o valor um representa a adoção plena da prática.

A *INFOAGRO* é uma variável nominal (ou categórica) que descreve os tipos possíveis de informação que o agrônomo pode oferecer ao produtor ao prescrever o agrotóxico. Uma categoria da *INFOAGRO* assume valor 1 quando a informação foi prestada pelo agrônomo e 0, caso contrário. A transformação de variável categórica em variável contínua é feita por meio da seguinte fórmula:

$$Q_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^N V_{ij}}{N} \quad (1)$$

Onde:

$Q_{ij}$  é o valor do  $i$ -ésimo indicador individual do  $j$ -ésimo produtor;

$V_{ij}$  é o escore da categoria do  $i$ -ésimo indicador da  $j$ -ésima variável;

$N$  é o número de categorias.

O segundo indicador composto (*ICCTA*), compra e transporte de agrotóxico, descrevem os procedimentos desde a compra do agrotóxico na loja até o descarregamento do produto na fazenda. O *ICCTA* é descrito por seis (6) variáveis, a saber:

I. Informações providas pelo revendedor (*INFOREVEN*): (a) procedimentos de lavagem das embalagens (0/1); (b) procedimentos de acondicionamento, armazenamento e transporte das embalagens vazias (0/1); (c) endereço da unidade de recebimento de embalagens (posto/central) mais próximo (0/1); (d) manter a nota fiscal de compra do agrotóxico por um ano (0/1);

II. Frequência de troca do agrotóxico na revendedora (*TROCAGTX*): (a) algumas vezes ou frequentemente (0); (b) nunca ou raramente (1);

III. Frequência de danos nas embalagens dos agrotóxicos percebidos pelos produtores agrícolas (*DANOEMB*): (a) rótulo ausente (0/1); (b) embalagem



enferrujada (0/1); (c) rótulo alterado ou ilegível (0/1); (d) embalagem amassada (0/1); embalagem perfurada (0/1); embalagem com vazamento (0/1); outro (0/1);

IV. Manutenção da nota fiscal de compra do agrotóxico (*MANUNOTA*): (a) Nunca guarda a nota fiscal (0); (b) Guarda alguma ou todas as notas fiscais (1);

V. Transporte do agrotóxico da revendedora para a fazenda (*TRANSAGTX*): (a) Veículo de passeio, moto ou transporte coletivo (ônibus, van, etc.) (0); (b) Veículo da revendedora ou da fazenda (1); Forma de transporte do agrotóxico (*FORMTRANS*): (a) alimentos, rações, animais, pessoas ou na cabine do veículo (0); (b) equipamentos, máquinas e outro (1);

VI. Cuidados tomados no descarregamento do agrotóxico (*DESCAGTX*): (a) evita fumar durante o descarregamento (1-3); (b) evita comer e beber durante o descarregamento (1-3); (c) lava as mãos, braços e rosto, com água e sabão (1-3); (d) lava o veículo com água e detergente depois da operação (1-3).

Dessas variáveis, quatro variáveis são binárias (*TROCAGTX*, *MANUNOTA*, *TRANSAGTX*, *FORMTRANS*) e três, nominais (*INFOREVEN*, *DANOEMB*, *DESCAGTX*). A normalização das variáveis nominais foi feita utilizando a Equação 1.

O terceiro indicador composto (*ICAAGTX*), armazenamento e aplicação de agrotóxico na fazenda, descreve as práticas realizadas na propriedade rural que vai desde o armazenamento do agrotóxico até a aplicação do produto nos cultivos agrícolas. O *ICAAGTX* é descrito por cinco (5) variáveis, a saber:

I. Adequação do local de armazenamento dos agrotóxicos na fazenda (*ARMAGTX*): (a) Alvenaria e cobertura (0/1); (b) Armazenar equipamentos (0/1); (c) Piso liso e impermeável (0/1); (d) Guardar os EPIs (0/1); (e) Distante das áreas agrícolas (0/1); (f) Possuir entradas de ventilação protegidas (0/1); (g) Distante das residências (0/1); (h) Distante de fontes de água (0/1); (i) Isolado e exclusivo para agrotóxicos (0/1); (j) Sinalizado como local perigoso (0/1); (k) Possuir tranca (0/1); (l) Ser iluminado (0/1); (m) Armazenar insumos agrícolas (0/1); (n) Possuir gradeado de suporte para agrotóxicos (0/1);

II. Forma de preparação do agrotóxico (*PREPAGTX*): (a) Mais de um agrotóxico por aplicação (coquetel de veneno) (0); (b) Um agrotóxico por aplicação (1);

III. Equipamentos e utensílios usados na aplicação do agrotóxico (*EQUIAPLIC*): (a) Pulverizador costal (0/1); (b) Lenço sobre o nariz e a boca (0/1); (c) Camisa de mangas compridas (0/1); (d) Máscara de proteção (0/1); (e) Calça comprida (0/1); (f) Luvas (0/1); (g) Chapéu (0/1); (h) Outro (0/1);

IV. Acompanhamento da aplicação do agrotóxico por profissional qualificado (*ACOMPAPLIC*): (a) Sem acompanhamento (0); (b) Com acompanhamento (1);

V. Práticas de manejo utilizadas durante a aplicação dos agrotóxicos (*MANEJAPLIC*): (a) Demonstrar e lavagem de partes do pulverizador (0/1); (b) Evitar usar baldes na preparação (0/1); (c) Checar vazamento das braçadeiras/

mangueiras (0/1); (d) Respeitar a jornada de trabalho de 4 horas (0/1); (e) Aplicar agrotóxico por trabalhador treinado (0/1); (f) Evitar aplicações com ventos moderados (0/1); (g) Proibir a circulação de pessoas na área (0/1); (h) Evitar aplicações com chuvas (0/1); (i) Preparar agrotóxico próximo a lavoura (0/1); (j) Evitar aplicações no período quente do dia (0/1); (k) Ler o rótulo e seguir as orientações (0/1); (l) Respeitar o período de carência mínima (0/1); (m) Outro (0/1).

Este indicador composto é descrito por três variáveis nominais (*ARMAGTX*, *EQUIPAPLIC*, *MANAPLIC*) e duas variáveis binárias (*PREPAGTX*, *ACAPLICA*). Da mesma forma, as variáveis nominais foram transformadas em variáveis contínuas, as quais passaram a assumir valores entre 0 e 1.

O quarto indicador composto (*ICMEV*), manejo das embalagens vazias na fazenda, descreve as práticas de manejo das embalagens vazias de agrotóxicos realizadas pelo produtor. O *ICMEV* é descrito por seis (6) variáveis, a saber:

- I. Destino das embalagens vazias de agrotóxico (*DESTEMB*): (a) reutiliza, armazena, enterra, queima, abandona na lavoura ou joga no lixão/aterro (0); (b) entrega/recolhido na revendedora ou no posto/central de recolhimento (1);
- II. Frequência de adoção das práticas de manejo de embalagens (*MANEJOEMB*): (a) uma ou duas lavagens das embalagens (1-3); (b) lavagem triplice das embalagens rígidas (1-3); (c) lavagem por pressão das embalagens rígidas (1-3); (d) mantém as embalagens rígidas intactas e tampadas (1-3); (e) coloca as embalagens flexíveis em sacos plásticos (1-3); (f) inutiliza as embalagens com a perfuração do fundo (1-3);
- III. Frequência de entrega das embalagens vazias de agrotóxicos (*ENTREGAEMB*): (a) leva mais de um ano (0); (b) pelo menos uma vez por ano (anual) (1);
- IV. Transporte das embalagens vazias da fazenda para o ponto de coleta (*TRANSEMB*): (a) veículo de passeio, moto ou transporte coletivo (ônibus, van, etc.) (0); (b) veículo da revendedora ou da fazenda (1);
- V. Forma de transporte das embalagens vazias (*FORTTRANSEMB*): (a) juntamente com alimentos, insumos, pessoas e dentro da cabine (0); (b) juntamente com equipamentos ou amarrados na carroceria (1);
- VI. Manutenção dos comprovantes de entrega das embalagens (*MANUTEMB*): (a) nunca guarda os comprovantes (0); (b) guardam algumas ou todos comprovantes (1).

Este indicador composto é descrito por uma variável nominal (*MANEJOEMB*) e cinco variáveis binárias (*DESTEMB*, *ENTREGAEMB*, *TRANSEMB*, *FORTTRANSEMB*, *MANUTEMB*). Da mesma forma, as variáveis nominais foram transformadas em variáveis contínuas, as quais passaram a assumir valores entre 0 e 1.

Os indicadores compostos foram normalizados com a finalidade de transformá-

los em escores adimensionais e mesmo padrão (ou escala), variando no intervalo [0,1]. O método de normalização utilizado foi o Min-Max, o qual subtrai o valor mínimo do valor observado e dividir pela amplitude dos escores do indicador. Os indicadores individuais (variáveis) normalizadas pelo método min-max foram duas, a saber: *DESCAGTX* e *MANEJOEMB*. Matematicamente, a normalização pelo método min-max é dada pela seguinte equação (OECD, 2008):

$$I_{kj} = \frac{V_{kj} - \min(V_{kj})}{\max(V_{kj}) - \min(V_{kj})} \quad (2)$$

onde:

$I_{kj}$  é o escore normalizado do  $k$ -ésimo indicador individual do  $j$ -ésimo produtor;

$V_{kj}$  é o escore observado (não normalizado) do  $k$ -ésimo indicador da  $j$ -ésima produtor;

$\min(V_{kj})$  é o escore mínimo (não normalizado) do  $k$ -ésimo indicador da  $j$ -ésima produtor;

$\max(V_{kj})$  é o escore máximo (não normalizado) do  $k$ -ésimo indicador da  $j$ -ésima produtor.

O indicador composto para cada dimensão do índice ( $IC_k$ ) é calculado pela média dos componentes dos indicadores de acordo pela seguinte equação:

$$IC_k = \frac{\sum_{i=1}^K Q_i}{K} \times 100 \quad (3)$$

onde:

$IC_{kj}$  é o escore do  $k$ -ésimo indicador composto do  $j$ -ésimo produtor;

$Q_{kj}$  é o escore do  $i$ -ésimo categoria do  $k$ -ésimo indicador composto;

$K$  é o número de indicadores compostos do  $k$ -ésimo subcomponente (ou dimensão).

Depois de calcular os indicadores compostos, o coeficiente *alpha* de Cronbach (*c-alpha*) foi utilizado para investigar o grau de consistência interna entre o conjunto de variáveis. Neste estudo, os coeficientes *c-alphas* foram calculados para o conjunto de variáveis do índice agregado e para as variáveis em cada subcomponente (ou dimensão), sendo considerado como limite de confiabilidade aceitável *c-alpha* de 0,60.

A Tabela 3 apresenta os resultados dos coeficientes *c-alphas*. Os indicadores compostos com *c-alpha* maior que o limite de confiabilidade aceitável foram: *ICIPD* (0,899) e *ICMEV* (0,700). Os indicadores *ICCTA* e *ICAAG* ficaram ligeiramente abaixo do limite mínimo aceitável, respectivamente, 0,547 e 0,513. Considerando todas as variáveis, o *c-alpha* foi aproximadamente 0,90, portanto, demonstrando consistência interna em medir a adoção de práticas de manejo dos agrotóxicos (*IMA*).

Indicador/Índice	Variável	N. de variáveis	CI Média <sup>1</sup>	c-alpha
Identificação das pragas/doenças dos cultivos	ICIPD	4	0,127	0,899
Compra e transporte do agrotóxico	ICCTA	7	0,014	0,547
Armazenamento e aplicação do agrotóxico	ICAAG	5	0,009	0,513
Manejo das embalagens vazias de agrotóxico	ICMEV	5	0,045	0,700
Índice de manejo de agrotóxico	IMA	21	0,032	0,892

Tabela 3 – Parâmetros dos coeficientes *c-alfas* dos indicadores compostos

Nota: (1) CI significa covariância interna.

Fonte: Dados da pesquisa.

### 2.3.3 Definição do índice agregado

A etapa de agregação consiste em reunir a informação contida em diferentes dimensões em um índice agregado (ou composto): neste estudo, o Índice de Manejo de Agrotóxico (*IMA*). O método de agregação utilizado foi o linear, que consiste em somar os subcomponentes. Este método assume que as ambigüidades relacionadas aos efeitos de escala são neutralizadas, ou seja, admite-se completa compensação entre os subindicadores.

A fórmula geral para o cálculo do índice agregado de adoção de práticas de manejo de agrotóxicos (é dado pela seguinte expressão:

$$IMA_j = \frac{\sum_{k=1}^K w_k * IC_k}{\sum_{k=1}^K w_k} \quad (4)$$

onde:

$IMA_j$  é o valor do índice agregado para o  $j$ -ésimo produtor;

$w_k$  é o peso do indicador  $k$ .

Para permitir a identificação de um índice robusto, foram propostas quatro abordagens para o cálculo do índice agregado que se diferenciaram em função dos métodos de seleção dos indicadores e ponderação das variáveis. Os índices agregados propostos são os seguintes:

- Índice agregado pela média aritmética dos indicadores compostos ( $IMA_E$ );
- Índice agregado pela média ponderado dos indicadores compostos das dimensões ( $IMA_P$ );
- Índice agregado pela média aritmética dos indicadores compostos definidos pela Análise de Componentes Principais ( $IMA_{CP}$ ); e
- Índice agregado pela média pondera dos indicadores compostos definidos pela Análise Fatorial ( $IMA_F$ ).

No  $IMA_E$ , todos os indicadores compostos dos quatro subcomponentes são considerados no cálculo do índice agregado e recebem o mesmo peso. Esta

abordagem é adotada pelo fato de não se dispor de base estatística ou teórica para orientar a escolha de pesos para os indicadores compostos. Desta forma, atribuindo pesos iguais, assume-se que os indicadores compostos têm a mesma importância na formação do índice agregado.

No  $IMA_{CP}$ , todos os indicadores compostos dos quatro subcomponentes são considerados e recebem pesos diferenciados em função do número de indicadores compostos por subcomponente. Esta abordagem corrige a assimetria de informação que se cria quando os subcomponentes possuem número de indicadores compostos diferentes. O peso é definido pela proporção do número de indicadores compostos por subcomponente relativo ao total de indicadores compostos. Desta forma, quanto maior o número de indicadores compostos no subcomponente, maior o peso deste subcomponente no índice agregado.

No  $IMA_{CP}$ , os indicadores compostos de cada subcomponente são substituídos por três componentes principais (CPs) que foram identificados por meio da análise de componentes principais (ACP). A ACP é utilizada para reduzir o número de indicadores que possuem alta colinearidade a um conjunto de CPs capazes de capturar a informação comum daqueles indicadores. Cada componente principal é uma combinação linear dos indicadores compostos originais e aqueles selecionados para análise devem contabilizar por uma parcela considerável da variância dos indicadores.

Na ACP, o número de CPs foi definido com base na avaliação dos seguintes critérios: Kaiser que sugere selecionar componentes com autovalores maiores que 1,0; gráfico de autovalores proposto por Cattell; variância explicada que sugere manter os componentes que correspondem a 80% da variância. A rotação *varimax* é empregada para melhorar a interpretação dos resultados e o coeficiente de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) é calculado para verificar a confiabilidade dos resultados. O KMO varia no intervalo [0,1], sendo recomendado continuar com a análise se o KMO for maior que 0,60. Finalmente, estimam-se os escores padronizados dos três CPs selecionados que são normalizados para o intervalo [0,1] por meio do método min-max.

No  $IMA_{CP}$ , os indicadores compostos de cada subcomponente são calculados com base em dois CPs por dimensão que foram identificados por meio da Análise Fatorial (AF). A análise fatorial tem objetivo semelhante ao da ACP, i.e., descrever um conjunto de indicadores em termos de um número menor de fatores, sendo que a AF baseia-se em um modelo especial (SPEARMAN, 1904). Os procedimentos adotados na AF foram semelhantes aos realizados na ACP (número de CPs, rotação *varimax*, KMO, normalização dos escores). Nesta abordagem, o índice agregado é cálculo pela média ponderada dos CPs, sendo os pesos, a proporção da variância por cada componente na AF.

A Tabela 4 apresenta os resultados da ACP e AF. Com base na ACP, os três CPs selecionados para cada subcomponente explicaram pelo menos 89% da variância dos indicadores compostos. A análise fatorial identificou dois componentes principais para cada subcomponente, sendo que a variância acumulada explicada dos indicadores



compostos foi de pelo menos 76%. Os KMOs revelaram que os resultados da ACP e AF são confiáveis para os quatro indicadores compostos, já que obtiveram KMO maior do que o valor mínimo aceitável (0,60).-

Indicador/ Componente AV <sup>1</sup>	ACP <sup>2</sup>				AF <sup>3</sup>				KMO <sup>4</sup>	
	Rotacionado			AV	Rotacionado					
	Var.	Prop.	Ac.		Var.	Prop.	Ac.			
ICIPD	CP1	3,08	1,89	0,47	0,47	2,85	2,48	0,87	0,87	0,756
	CP2	0,65	1,02	0,25	0,72	0,12	0,50	0,17	1,04	
	CP3	0,20	1,01	0,25	0,98	-	-	-	-	
ICCTA	CP1	2,01	1,41	0,35	0,35	1,81	1,42	0,41	0,41	0,609
	CP2	0,92	1,15	0,28	0,64	1,22	1,21	0,35	0,76	
	CP3	0,70	1,06	0,26	0,90	-	-	-	-	
ICAAG	CP1	2,45	2,35	0,47	0,47	2,04	2,04	0,96	0,96	0,661
	CP2	1,11	1,12	0,22	0,69	0,40	0,40	0,19	1,15	
	CP3	0,92	1,00	0,20	0,89	-	-	-	-	
ICMEV	CP1	2,71	1,71	0,34	0,34	2,36	1,94	0,64	0,64	0,607
	CP2	1,33	1,46	0,29	0,63	0,84	0,99	0,33	0,97	
	CP3	0,57	1,42	0,28	0,92	-	-	-	-	

Tabela 4 – Autovalores, variâncias e proporções absolutas e acumuladas dos componentes principais/fatores estimados pela ACP e AF

Nota: (1) Autovalores; (2) Análise de Componentes Principais; (3) Análise Fatorial; (4) Coeficiente de Kaiser-Meyer-Olkin.

Fonte: Dados da pesquisa.

A análise de sensibilidade dos índices foi feita por meio da análise das estatísticas do índice agregado proposto utilizando a média, desvio padrão, valores mínimo e máximo, erro padrão e intervalo de confiança ao nível de 95%.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise dos indicadores compostos

As estimativas dos quatro indicadores compostos e de suas respectivas variáveis são apresentadas na Tabela 6. Dentre os indicadores compostos avaliados, o *ICCTA* obteve a maior proporção de adoção das práticas de compra e transporte de agrotóxico, correspondendo a 0,57 ou 57% das práticas. Este valor foi determinado principalmente pelas elevadas proporções observadas nas seguintes variáveis: *TROCAGTX* (0,86), *DANOEMB* (0,98), *FORMTRANS* (0,71) e *DESCAGTX* (0,72).

Os demais indicadores compostos obtiveram proporções médias de aproximadamente 0,30 (ou 30%) de suas respectivas práticas, correspondendo a um baixo índice de adoção dessas práticas. O indicador de manejo de embalagens vazias obteve a menor média entre os indicadores compostos, 0,17 (ou 17%). Entre os indicadores compostos, *ICMEV* e o *ICCTA* obtiveram o menor e a maior média, 0,17 e

0,57, respectivamente.

Indicadores Compostos/ Variáveis	N.	Média	D.P.	Min.	Max.
<i>ICIPD</i>	346	0,28	0,38	0,00	1,00
<i>IDPRAGAS</i>	346	0,12	0,32	0,00	1,00
<i>RECAGRO</i>	346	0,39	0,49	0,00	1,00
<i>ABRANAGTX</i>	346	0,30	0,46	0,00	1,00
<i>INFOAGRO</i>	346	0,32	0,43	0,00	1,00
<i>ICCTA</i>	346	0,57	0,16	0,23	0,90
<i>INFOREVEN</i>	346	0,14	0,18	0,00	0,75
<i>TROCAGTX</i>	346	0,86	0,02	0,90	1,00
<i>DANOEMB</i>	346	0,98	0,13	0,00	1,00
<i>MANUNOTA</i>	346	0,40	0,49	0,00	1,00
<i>TRANSAGTX</i>	346	0,21	0,41	0,00	1,00
<i>FORMTRANS</i>	346	0,71	0,46	0,00	1,00
<i>DESCAGTX</i>	346	0,72	0,14	0,30	1,00
<i>ICAAG</i>	346	0,32	0,12	0,14	0,72
<i>ARMAGTX</i>	346	0,47	0,17	0,00	0,79
<i>PREPAGTX</i>	346	0,20	0,40	0,00	1,00
<i>EQUIAPLIC</i>	346	0,49	0,16	0,00	0,75
<i>ACOMPAPLIC</i>	346	0,02	0,15	0,00	1,00
<i>MANEJAPLIC</i>	346	0,44	0,16	0,00	0,85
<i>ICMEV</i>	346	0,17	0,21	0,00	0,60
<i>DESTEMB</i>	346	0,26	0,44	0,00	1,00
<i>MANEJOEMB</i>	346	0,18	0,23	0,00	1,00
<i>ENTREGAEMB</i>	346	0,10	0,30	0,00	1,00
<i>TRANSEMB</i>	346	0,21	0,41	0,00	1,00
<i>MANUTEMB</i>	346	0,28	0,45	0,00	1,00

Tabela 5 – Estatística descritiva dos indicadores compostos e individuais (variáveis)

Fonte: Dados de pesquisa.

### 3.2 Análise dos índices agregados

As médias dos índices diferenciaram-se em função do método utilizado para o cálculo do índice, variando entre o mínimo de 34,63 ( $IMA_E$ ) e 42,93 ( $IMA_F$ ) (Tabela 6). Por meio do teste de hipótese de igualdade de médias entre pares de índices agregados, verificou-se que as médias diferem significativamente uma da outra ao nível de 1% de significância.

Os desvios padrões dos índices agregados se mostraram altos relativos às médias observadas, revelando a elevada dispersão dos valores dos índices em torno da média. A amplitude dos índices variou consideravelmente, com menor intervalo sendo observado para o  $IMA_{CP}$ . Observa-se que o  $IMA_E$  estimou o menor valor índice (9,40) para uma propriedade rural enquanto o  $IMA_F$  estimou o maior valor (82,99). Os demais índices agregados estimaram valores mínimos e máximos dos índices dentro

deste intervalo.

Os erros padrões mostraram estimativas aproximadas para os índices agregados, os quais ficaram no intervalo entre 0,70 ( $IMA_{CP}$ ) e 1,08 ( $IMA_E$ ). Os intervalos de confiança dos índices agregados apresentaram sobreposição, com exceção de um deles,  $IMA_F$ , cujo intervalo de confiança teve limite inferior acima do limite superior dos demais índices. Isto significa que a média verdadeira pode diferir em função do método empregado para calcular o índice agregado.

Embora representando uma pequena margem de diferença relativamente aos outros índices, o  $IMA_{CP}$  apresentou o menor erro padrão, por conseguinte atribuindo uma maior precisão à estimativa do índice agregado. Por esta razão, a análise do grau de adoção de práticas de manejo dos agrotóxicos é feita com base no  $IMA_{CP}$ .

Variável	N.	Média	D.P.	Min.	Max.	E.P. <sup>1</sup>	[Int. de Conf. 95%]	
$IMA_E$	346	34,63	20,08	9,40	71,93	1,08	32,51	36,76
$IMA_P$	346	37,09	18,86	11,10	72,28	1,01	35,10	39,09
$IMA_{CP}$	346	38,48	13,03	22,68	66,06	0,70	37,10	39,86
$IMA_F$	346	42,93	19,09	20,31	82,99	1,03	40,91	44,95

Tabela 6 – Estatística descritiva dos índices agregados propostos

Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.3 Análise do $IMA_{CP}$

A média do  $IMA_{CP}$  para as propriedades rurais da amostra nos municípios investigados foi estimada em 38,48, ou seja, em média, os produtores agrícolas da amostra adotaram 38,48% das práticas recomendadas para o manejo correto dos agrotóxicos e de suas embalagens vazias. Este valor está muito aquém de um nível que inspire segurança ao manejo dos agrotóxicos na área de estudo (Tabela 7). De acordo com este índice, os produtores agrícolas da amostra obtiveram valor do índice entre o mínimo de 22,68 e máximo de 66,06.

Município	$IMA_{CP}$							
	N.	Média	D.P.	Min.	Max.	E.P. <sup>1</sup>	[Int. de Conf. 95%]	
Casa Nova	76	41,26**	13,53	25,29	61,88	1,55	38,17	44,35
Sento Sé	121	40,27	15,33	22,67	66,06	1,39	37,51	43,03
Remanso	48	36,37	9,89	25,29	53,46	1,42	33,50	39,24
Sobradinho	45	36,43	10,33	25,29	54,81	1,54	33,33	39,54
Pilão Arcado	53	34,59**	9,67	22,67	50,04	1,32	31,92	37,25
Total	346	38,48	13,03	22,68	66,06	0,70	37,10	39,86

Tabela 7 – Estatística descritiva do  $IMA_{CP}$  por município da área de estudo

Nota: (\*\*) significa que a média deste município é estatisticamente diferente da média do restante da amostra ao nível de 5%.

Fonte: Dados da pesquisa.

As médias do  $IMA_{CP}$  variaram entre os municípios investigados. A média dos índices dos municípios ficou no intervalo que variou entre 34,59 (em Pilão Arcado) e 41,26 (em Casa Nova), com uma amplitude de 6,67 pontos percentuais. Esta amplitude aparentemente pequena se mostrou estatisticamente significativa. Comparando as médias entre municípios, verificou-se que apenas Casa Nova e Pilão Arcado tiveram médias significativamente diferentes ao nível 5%. Como se observou anteriormente, as médias desses municípios representam o limite inferior e superior da média dos municípios.

## 4 | CONCLUSÕES

A abordagem de construção de indicadores compostos mostrou-se adequada para a estimação do índice agregado de adoção de práticas de manejo de agrotóxicos. Ao decompor o conceito de adoção de práticas de manejo dos agrotóxicos em componentes e subcomponentes, foi possível capturar por meio do índice agregado os principais aspectos relacionados com o manejo dos agrotóxicos dentro e fora da porteira da fazenda.

Entre os quatro índices agregados estimados, os métodos que utilizaram média aritmética e ponderada para o cálculo do índice foram incapazes de corrigir os vieses, resultando em médias com valores extremamente baixos ou extremamente elevados, o que é improvável de ocorrer na área de estudo. Por outro lado, o método baseado na análise de componentes principais, que se propôs a minimizar a multicolinearidade entre as variáveis, geraram resultados mais robustos.

Do ponto de vista empírico, o índice agregado de manejo dos agrotóxicos demonstrou que a taxa de adoção das práticas recomendadas para minimizar os riscos de intoxicação do homem e contaminação do meio ambiente se mostrou baixa, alcançando valor médio de 38,48. O índice agregado variou entre os municípios investigados, sendo Casa Nova e Sento Sé aqueles que possuíam a maior taxa de adoção de práticas de manejo dos agrotóxicos. Os menores valores do índice foram observados em Pilão Arcado (34,59).

## REFERÊNCIAS

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Ranking** – todo o Brasil (2010). Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/ranking>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

BRASIL. **Decreto Federal Nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002** <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4074.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm)>. Acesso em: 13 dez. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 7.802, de 11 de Julho de 1989**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7802.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7802.htm)>. Acesso em: 13 dez. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos municípios 2011**.

Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2011/default\\_xls.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2011/default_xls.shtm)>. Acesso em: 12 mar. 2016.

NARDO, M.; SAISANA, M.; SALTELLI, A.; TARANTOLA, S. **Tools for composite indicators building**. European Communication, 2005. Disponível em: <<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC31473/EUR%2021682%20EN.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT.

**Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide. methodology and user guide**. 2008. ISBN 978-92-64-04345-9. Disponível em: <<http://www.oecd.org/std/leading-indicators/42495745.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2013.

SAISANA, M. (Ed.). **State-of-the-art report and composite indicators for knowledge-based economy**. Knowledge Economy Indicators – KEY, Workpackage 5, 2005. Disponível em: <<https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb4/projekte/SurveyStatisticsNet/KEI-WP5-D5.1.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

SPEARMAN, C. E. **Proof and measurement of association between two things**. American Journal of Psychology, v. 15, p. 72-101, 1904. Disponível em: <<http://webpace.ship.edu/pgmarr/Geo441/Readings/Spearman%201904%20-%20The%20Proof%20and%20Measurement%20of%20Association%20between%20Two%20Things.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

WARD, J. H. **Hierarchical grouping to optimize an objective function**. Journal of the American Statistical Association, n.58, 1963. Disponível em: <<http://iv.slis.indiana.edu/sw/data/ward.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2016.



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

### **Debora Oliveira Gomes**

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Agronomia, Engenheira Agrônoma, Belém – PA,

### **Cleidiane Alves Rodrigues**

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Agronomia, Engenheira Agrônoma,  
Belém – PA.

### **Aline Noronha Costa**

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Agronomia, Mestranda em Agronomia  
Belém – PA.

### **Layse Barreto de Almeida**

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Agronomia, Engenheira Agrônoma,  
Belém – PA.

### **Fernanda Paula Sousa Fernandes**

Instituto Federal do Pará, Agronomia,  
Castanhal – PA.

### **Vicente Bezerra Pontes Junior**

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Agronomia,  
Belém – PA.

### **Michel Keisuke Sato**

Universidade Federal Rural da Amazônia, Mestre  
em Agronomia,  
Belém – PA.

### **Daynara Costa Vieira**

Universidade Federal Rural da Amazônia, Mestre  
em Agronomia,  
Belém – PA.

### **Augusto José Silva Pedroso**

Instituto Federal do Pará, Instituto de Ciências  
Agrárias,  
Castanhal – PA.

**RESUMO:** A compactação caracteriza-se pela redução do volume de vazios ocupados pela água ou pelo ar, limitando a infiltração, retenção e disponibilidade da água às plantas. Este estudo objetivou avaliar o efeito da compactação sobre a porosidade total, macro e microporosidade em solos de textura distintas.. Foram definidos os valores de densidade do solo ( $D_s$ ) correspondentes a 70, 80, 90 e 100% da densidade máxima do solo ( $D_{smax}$ ), determinadas através do ensaio de Proctor para dois solos de texturas distintas. A porosidade total ( $P_t$ ) foi calculada pelo produto da umidade gravimétrica do solo saturado pela  $D_s$ . A microporosidade do solo foi determinada considerando uma tensão de 60 hPA. A macroporosidade foi obtida pela diferença entre a  $P_t$  e a Micro. Para o efeito da compactação sobre as variáveis de  $P_t$ , Macro e Micro foram realizadas análises de regressão. No solo argiloso, não houve efeito da compactação nos valores de  $P_t$ . Já para o solo arenoso, houve redução da  $P_t$  com o aumento no GC. A macroporosidade reduziu em ambos os solos, entretanto o arenoso foi o que apresentou

maior redução com o aumento do GC. A microporosidade do solo apresentou relação positiva com o GC. O maior incremento no volume de microporos ocorreu no solo argiloso. Nos solos arenosos, a porosidade total é reduzida pela redução drástica da macroporosidade. Já nos solos argilosos, esse efeito não ocorre devido quebra dos macroporos em poros menores (microporos), sem alterar a Pt.

**PALAVRAS-CHAVE:** Densidade do solo. Volume de poros. Tamanho de partícula do solo.

**KEYWORDS:** The compaction is characterized by the reduction of the volume of voids occupied by water or air, limiting the infiltration, retention and availability of water to the plants. The objective of this study was to evaluate the effect of compaction on total porosity, macro and microporosity in different textured soils. Soil density values (Ds) corresponding to 70, 80, 90 and 100% of the maximum soil density were defined. Dsmax) determined by the Proctor test for two different texture solos. The total porosity (Pt) was calculated by the product of the gravimetric moisture of the soil saturated by Ds. The microporosity of the soil was determined considering a tension of 60 hPA. Macroporosity was obtained by the difference between Pt and Micro. For the effect of the compaction on the Pt, Macro and Micro variables, regression analyzes were performed. In the clay soil, there was no effect of compaction on the Pt values. For the sandy soil, there was a reduction of the Pt with the increase in the GC. The macroporosity reduced in both soils, however, the sand was the one that presented the greatest reduction with the increase of the GC. The microporosity of the soil presented positive relation with the GC. The largest increase in the volume of micropores occurred in the clay soil. In sandy soils, total porosity is reduced by the drastic reduction of macroporosity. In clay soils, this effect does not occur due to the breakage of macropores in smaller pores (micropores), without altering Pt.

**ABSTRACT:** Soil density. Volume of pores. Soil particle size

## 1 | INTRODUÇÃO

A compactação é caracterizada pela diminuição do volume de vazios ocupados pela água ou pelo ar (porosidade, principalmente, macroporosidade ou porosidade de aeração), limitando a infiltração de água, a retenção, a água disponível às plantas (Reichert et al., 2011), as trocas gasosas e a disponibilidade de oxigênio.

O espaço do solo não ocupado por sólidos e ocupado pela água e ar compõem o espaço poroso, definido como sendo a proporção entre o volume de poros e o volume total de um solo. É de grande importância para o crescimento de raízes e movimento de ar, água e solutos no solo (REINERT & REICHERT, 2006).

A classificação mais usual da porosidade refere-se à sua distribuição de tamanho dos poros em duas classes: micro e macroporosidade. A funcionalidade desses poros fica evidente quando se considera que os microporos são os responsáveis pela retenção e armazenamento da água no solo e os macroporos responsáveis pela aeração e pela

maior contribuição na infiltração de água no solo (REINERT & REICHERT, 2006).

Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da compactação sobre a porosidade total, macro e microporosidade em solos de textura distintas.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Solos da Universidade Federal Rural da Amazônia, no município de Belém (PA). Foram utilizadas amostras de dois solos de diferentes texturas, coletados nos municípios de Belém – PA e Paragominas – PA, na camada de 0-20 cm de profundidade. A caracterização dos solos foi realizada por análise do teor de argila, matéria orgânica e densidade de partícula (Tabela 1). Após a caracterização, os mesmos foram secos ao ar e peneirados com peneira de malha 4 mm.

Solos	Ds <sub>max</sub>	Argila	M.O.
0 – 20 cm	g cm <sup>-3</sup>	%	
Arenoso	1,70	14,36	10,4
Argiloso	1,29	73,23	7,2

Tabela 1. Análise do solo

As curvas de compactação do solo foram determinadas pelo ensaio de Proctor normal 560 kPa, padronizado pela ABNT (NBR 7182/86), sem reuso do material. A partir desta, foram determinadas a densidade do solo máxima (D<sub>smax</sub>) e seu respectivo conteúdo de água que corresponde a umidade do solo crítica de compactação ( $\theta_c$ ). Com base na D<sub>smax</sub> foram definidos os valores de D<sub>s</sub> correspondentes a 70, 80, 90 e 100% da D<sub>smax</sub> de acordo com cada solo.

Os solos foram corrigidos quanto a umidade e então umedecidos até a  $\theta_c$ . Posteriormente, porções desses solos foram adicionados em anéis volumétricos e compactados com auxílio de uma prensa hidráulica. A quantidade de solo adicionado referente a cada nível de compactação foi determinada com base no volume do anel volumétrico e da D<sub>s</sub> desejada.

Para avaliar o efeito dos diferentes níveis de compactação do solo, foram determinadas a porosidade total, macro e microporosidade do solo. A porosidade total (Pt) foi obtida a partir do volume de água quando o solo está saturado com água. A microporosidade do solo foi determinada considerando o volume de água na tensão de 60 hPA, enquanto que a macroporosidade foi obtida pela diferença entre a Pt e a Micro.

As análises estatísticas consistiram em análise de variância, e quando significativo a 5%, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. O comportamento das variáveis físicas foram avaliadas por análise de regressão.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o solo argiloso, não houve efeito da compactação do solo nos valores de Pt. Já para o solo arenoso, houve redução da Pt com o aumento no GC (Figura 1), sendo o modelo linear o que melhor se ajustou a distribuição dos dados ( $p < 0,01$ ;  $R^2 = 0,95$ ). Streck et al. (2004) verificaram que com o aumento da compactação do solo reduziu a macroporosidade e a porosidade total de um Argissolo de textura arenosa.

Silva et al. (2000) afirmam que a deformação do solo tem uma relação direta com a porosidade total do solo, especialmente a macroporosidade, indicando que, quanto maior a deformação do solo, maiores serão as reduções de macroporosidade e porosidade total.

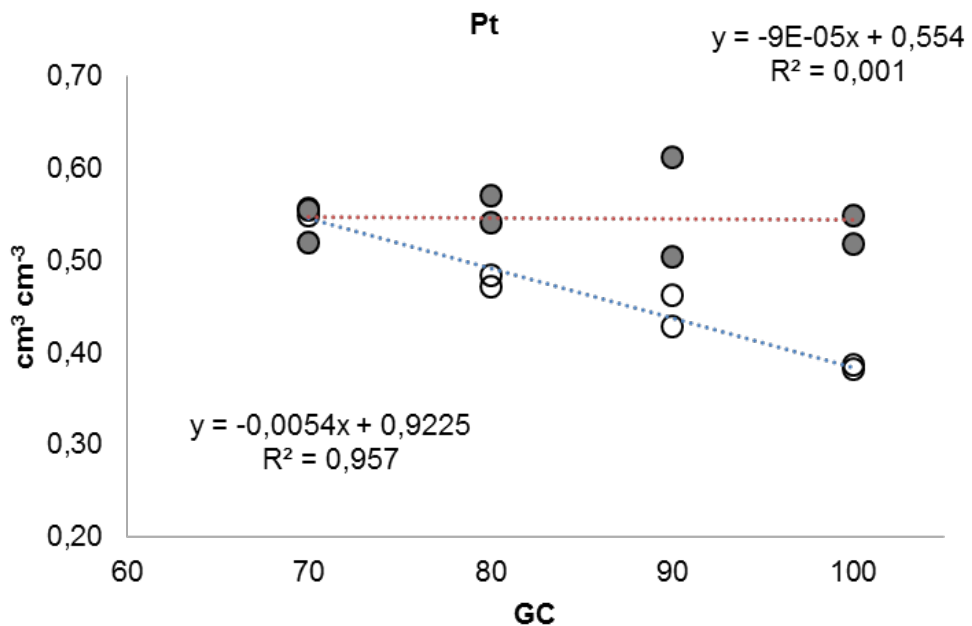


Figura 1: Porosidade total em relação a diferentes níveis de compactação

A macroporosidade reduziu em ambos os solos, entretanto o solo arenoso foi o que apresentou maior redução com o aumento do GC ( $0,32 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  no  $\text{GC}=70\%$  para  $0,09 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  no  $\text{GC}=100\%$  para o solo arenoso;  $0,19 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  no  $\text{GC}=70\%$  para  $0,06 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  para o solo argiloso).

Beutler e Centurion (2003), a quantidade de macroporos influencia no crescimento das raízes e na absorção de água e nutrientes, e sua redução induz ao crescimento lateral de raízes, que diminuem seu diâmetro a fim de penetrarem nos poros menores.

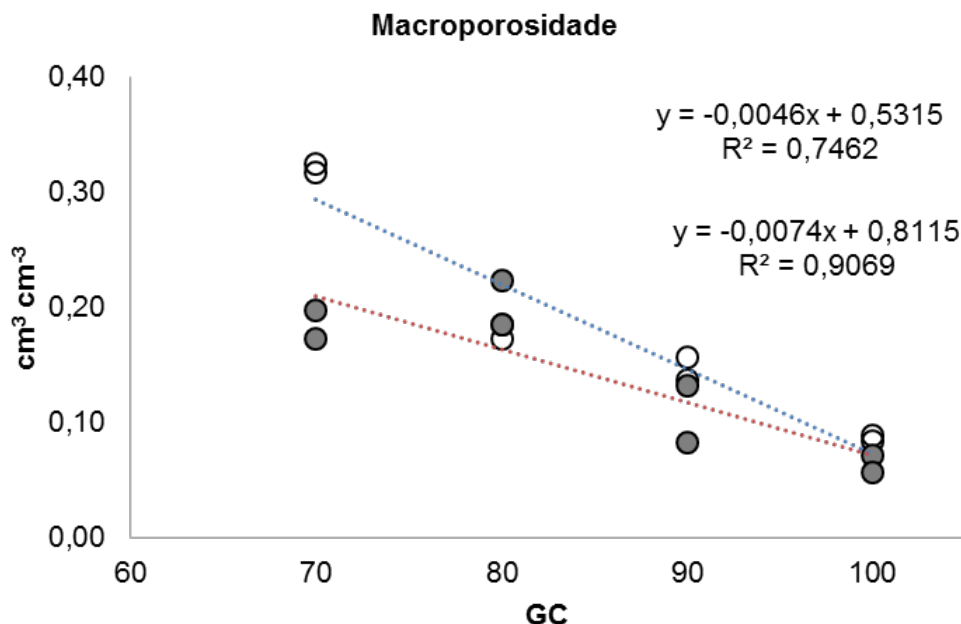


Figura 2: Macroporosidade em relação a diferentes níveis de compactação

A microporosidade do solo apresentou relação positiva com o GC. O maior incremento no volume de microporos ocorreu no solo argiloso (Figura 3).

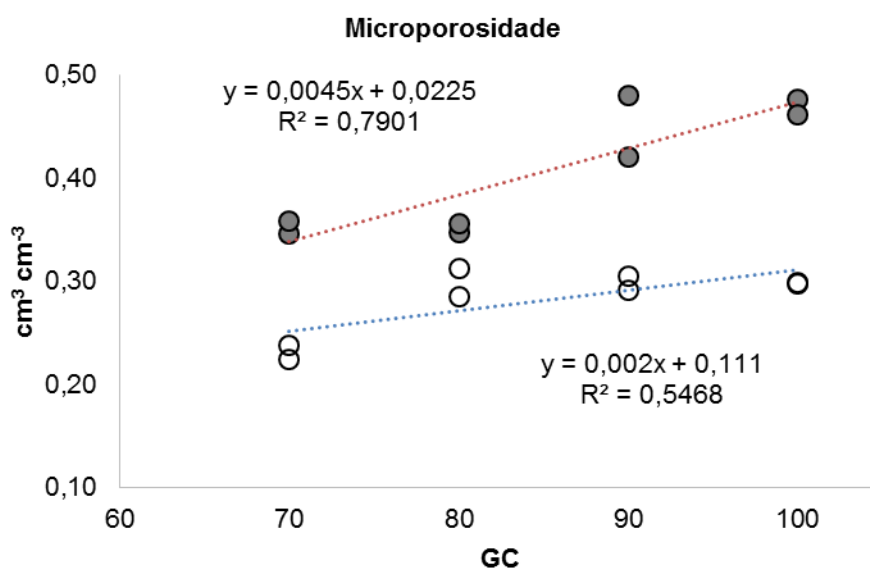


Figura 3: Microporosidade em relação a diferentes níveis de compactação

Em trabalho desenvolvido para avaliar possíveis alterações em atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo, após o cultivo de um ano com plantas de cobertura, dos Santos et al. (2009), concluíram que a cobertura vegetal influenciou significativamente os valores da microporosidade, entretanto não afetou nenhum outro atributo estudado (densidade do solo, macroporosidade e porosidade total).



## 4 | CONCLUSÃO

Nos solos arenosos, a porosidade total é reduzida pela redução drástica da macroporosidade. Já nos solos argilosos, esse efeito não ocorre devido quebra dos macroporos em poros menores (microporos), sem alterar, portanto, a Pt.

## REFERÊNCIAS

BEUTLER A. N.; CENTURION, J. F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38:849-856, 2003

DOS SANTOS, L. N. S.; PASSOS, R. R.; CARDOSO, L. C. M.; SANTOS, C. L.; DE OLIVEIRA GARCIA, G.; CECÍLIO, R. A.. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais em Alegre (ES). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.2, p.140-149, 2009.

MACEDO, V. R. M.; SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V. Influência de tensões compressivas na pressão de precompactação e no índice de compressão do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2010.

REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; GUBIANI, P. I.; KAISER, D. R.; MINELLA, J. P. G.; REINERT, D. J. Hidrologia do solo, disponibilidade de água às plantas e zoneamento agroclimático. Tópicos em Ciência do Solo. 1ed. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 1-54, 2011.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades física do solo**. Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais. Santa Maria, 2006.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, p.239-249, 2000.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n. 3, p. 755-760, 2004

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

### **Jhon Lennon Bezerra da Silva**

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA), Departamento de Engenharia Agrícola – Recife – Pernambuco.

### **Geber Barbosa de Albuquerque Moura**

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Agronomia – Recife – Pernambuco.

### **Pabrcio Marcos Oliveira Lopes**

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Agronomia – Recife – Pernambuco.

### **Ênio Farias de França e Silva**

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Engenharia Agrícola – Recife – Pernambuco.

### **Pedro Francisco Sanguino Ortiz**

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA), Departamento de Engenharia Agrícola – Recife – Pernambuco.

### **Frederico Abraão Costa Lins**

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA), Departamento de Engenharia Agrícola – Recife – Pernambuco.

Nordeste brasileiro, à exemplo da determinação do processo da evapotranspiração que permite observar sua distribuição especializada sobre os diferentes usos do solo. Neste contexto, objetivou-se identificar o processo da evapotranspiração real sobre os diferentes usos do solo em região semiárida através da sua espacialização por sensoriamento remoto orbital com uso de imagens Landsat. A área de estudo é o município de Iguatu, localizado no estado do Ceará, região semiárida do Nordeste do Brasil. Para desenvolvimento do estudo duas imagens orbitais de satélite foram processadas através do algoritmo SEBAL, por meio da utilização de dados meteorológicos de superfície. Os resultados foram analisados e submetidos a medidas de tendência central (mínimo, máximo e médio) e dispersão (desvio padrão, variância e coeficiente de variação). Com a espacialização da evapotranspiração foi observado que a menor evapotranspiração real diária esteve sobre solos com pouca ou nenhuma vegetação, destacando as áreas de solo exposto. Em contraste, as áreas irrigadas e na vegetação de caatinga densa apresentaram a maior evapotranspiração. O sensoriamento remoto identificou espacialmente a variabilidade quantitativa e qualitativa da evapotranspiração real diária, sendo essencial para o monitoramento ambiental, de forma prática e eficiente no planejamento e organização na

**RESUMO:** O monitoramento ambiental por meio das técnicas de sensoriamento remoto é cada vez mais aplicável nas regiões semiáridas do

tomada de decisões dos recursos hídricos e naturais do semiárido brasileiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Caatinga; Uso e ocupação do solo; Mudanças climáticas; Escassez de água; Imagens orbitais.

**ABSTRACT:** The Environmental monitoring through remote sensing techniques is increasingly applicable in the semiarid regions of the Brazilian Northeast, for example on determination of the process of evapotranspiration that allows to observe its specialized distribution on the different uses of the soil. In this context, the objective was to identify the actual evapotranspiration process on the different soil uses in the semiarid region through its orbital remote sensing spatialization using Landsat images. The area of study was the municipality of Iguatu, located in the state of Ceará, semiarid region of Northeast Brazil. For the development of the study two orbital satellite images were processed through the SEBAL algorithm, using surface meteorological data. The results were analyzed and submitted to measures of central tendency (minimum, maximum and average) and dispersion (standard deviation, variance and coefficient of variation). With the evapotranspiration spatialization, it was observed that the lowest actual evapotranspiration daily was on soils with little or no vegetation, highlighting the areas of epoch soil. In contrast, irrigated areas and dense caatinga vegetation presented the highest evapotranspiration. Remote sensing identified spatially the quantitative and qualitative variability of actual evapotranspiration daily, being essential for the environmental monitoring, in a practical and efficient way in the planning and organization in the decision making of the water and natural resources of the Brazilian semiarid.

**KEYWORDS:** Caatinga; Use and occupation of soil; Climate changes; Water shortage; Orbital images.

## 1 | INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro ao longo dos anos tem enfrentado grandes problemáticas, como a escassez de água e o cenário de mudanças na sua cobertura vegetal natural. Fatores são destacados por influenciar diretamente esses processos, como as condições naturais do ambiente diante de suas variações climáticas em decorrência aos períodos de seca, e as ações antrópicas sobre o uso e ocupação do solo, que promovem o desmatamento, queimadas, urbanização, intensiva prática agropecuária e o manejo inadequado da agricultura irrigada, acelerando o processo da degradação ambiental do bioma Caatinga (RIBEIRO et al., 2016).

A escassez de água no Brasil é bastante visível, sobretudo na região semiárida do Nordeste que corresponde a 58% do território nacional, e a disponibilidade da água para consumo humano e prática agrícola como a irrigação, vem sendo gradativamente reduzida tanto em qualidade como em quantidade (SILVA et al., 2014).

Visando mitigar e/ou inibir tais processos de limitações nestas regiões, o uso das técnicas de sensoriamento remoto na interface solo-atmosfera permite assegurar com

grande confiabilidade as circunstâncias atuais da superfície terrestre de forma prática e eficiente a um custo relativamente baixo, em larga escala, promovendo o auxílio no planejamento e organização na tomada de decisões sobre o uso sustentável dos recursos naturais (BASTIAANSSEN et al., 2010).

Nas últimas décadas, o geoprocessamento vem se destacado fortemente no desenvolvimento de geotecnologias e aberto um novo campo de atuação do monitoramento ambiental de grandes áreas. Para a efetivação de medidas eficazes de gestão dos recursos hídricos, principalmente no semiárido brasileiro faz-se necessário o monitoramento dos principais componentes do ciclo hidrológico, dentre os quais se destaca a evapotranspiração, e quando o interesse é a obtenção desta em larga escala com acentuada heterogeneidade as técnicas de sensoriamento remoto se apresentam com grande vantagem por possuir uma relação custo/benefício mais acessível e, ao associar com informações meteorológicas e morfológicas da área, os resultados são bastante confiáveis (OLIVEIRA et al., 2014; ZHANG et al., 2016).

Devido a necessidade de mais estudos neste contexto, especialmente no semiárido brasileiro, objetivou-se identificar o processo da evapotranspiração real diária sobre os diferentes usos do solo em região semiárida do Nordeste brasileiro através da sua espacialização por sensoriamento remoto com uso de imagens orbitais.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O município de Iguatu é a área do presente estudo, encontra-se inserido no estado do Ceará, região Nordeste do Brasil, no Semiárido brasileiro, localizado nas coordenadas geográficas 6° 21' 34" S e 39° 17' 55" W e altitude de 217,8 m. De acordo com a classificação de Köppen, o município possui clima do tipo BSw'h', quente e semiárido, com precipitação média anual de 806,5 mm e temperatura média mensal de 26 a 28 °C. O espaço absoluto da região é de 1.029 km<sup>2</sup>, onde a vegetação de Caatinga é predominante (IPECE, 2017).

A região possui período chuvoso compreendido entre os meses de janeiro a abril, com duas estações bem definidas durante o ano (chuvosa e seca), destacando-se a estação seca, que se configura em mais da metade do ano, com 7 a 8 meses de duração, podendo observar nesse período a ocorrência de forte evaporação, devido as altas temperaturas (ARRAES et al., 2009).

A Figura 1 apresenta o mapa do município, a partir de uma imagem do satélite Landsat 8 de sensor OLI no dia de passagem 08 de agosto de 2015, em destaque a cidade e estação meteorológica.

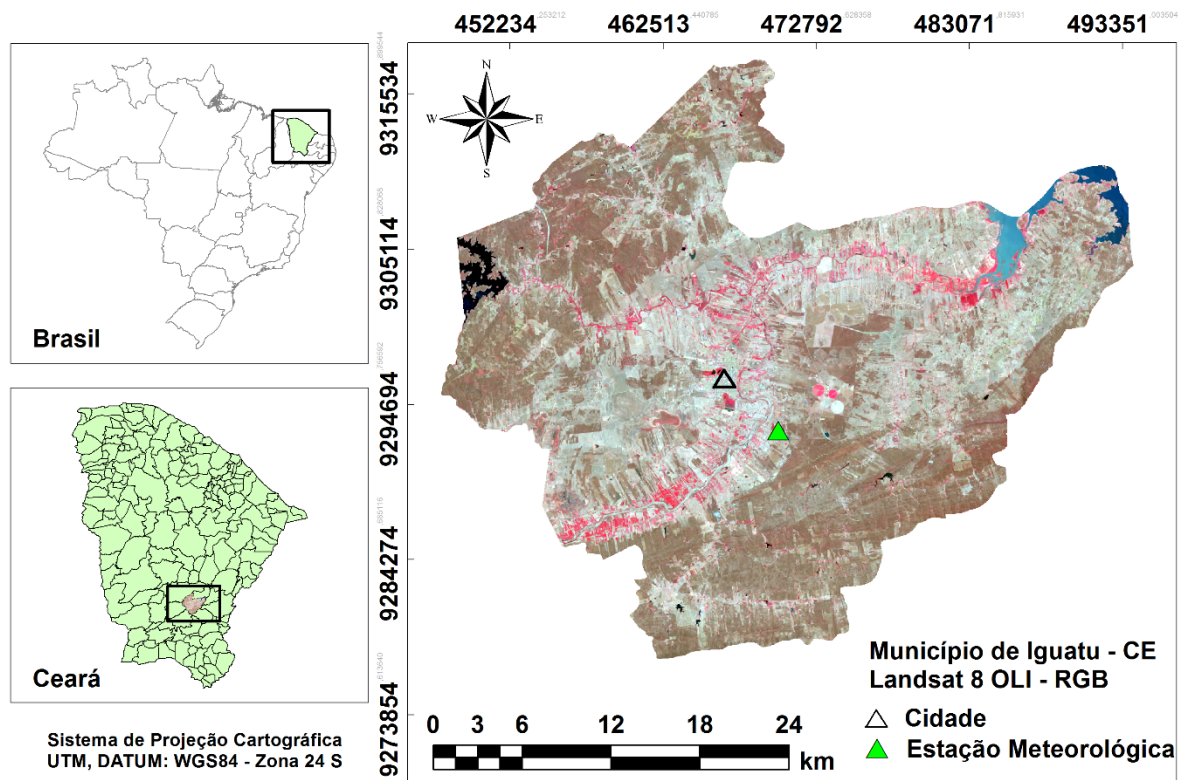


Figura 1. Mapa espacial de localização da área de estudo, município de Iguatu, Ceará, Brasil.

## 2.2 Dados meteorológicos de superfície

Foram utilizados dados meteorológicos de superfície, como temperatura do ar ( $T_{ar}$ , °C), umidade relativa do ar (UR, %), pressão atmosférica do ar ( $P_o$ , kPa), velocidade do vento ( $u_{10m}$ ,  $m s^{-1}$ ) e radiação solar global ( $R_{s\ 24h}$ ,  $W m^{-2}$ ) registrados na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A estação está localizada nas seguintes coordenadas  $6^{\circ} 23' 47'' S$  e  $39^{\circ} 16' 8'' W$ , altitude de 233 m. As coletas de dados são realizadas de hora em hora. Conforme o INMET, o ano de imageamento do dia 20/08/2008, foi considerado como um ano chuvoso, com uma precipitação pluviométrica média anual de 1392,8 mm. O ano do dia 08/08/2015 foi considerado como sendo um ano seco, onde foi observado uma precipitação média anual de 526,2 mm, menor que o esperado para a região que se concentra em torno de 800 mm/ano. A Tabela 1 apresenta os dados meteorológicos de superfície.

Data	$T_{ar}$ (°C)	UR (%)	$P_o$ (kPa)	$u_{10m}$ ( $m s^{-1}$ )	$R_{s\ 24h}$ ( $W m^{-2}$ )
20/08/2008	28,1	47	98,81	5.5	257,72
08/08/2015	28	45	99,04	4.6	161,50

Tabela 1. Dados meteorológicos de superfície registrados pela estação meteorológica no momento das passagens dos satélites.

## 2.3 Dados orbitais de satélite

Foram utilizadas duas imagens orbitais dos satélites Landsat 5 de sensor TM e do 8 de sensores OLI/TIRS, nos dias 20/08/2008 e 08/08/2015, respectivamente. As



imagens foram fornecidas pela organização espacial americana USGS/NASA (*United States Geological Survey*).

O processamento das imagens foi realizado por meio do Software ERDAS IMAGINE® 9.1, com a implementação do algoritmo SEBAL, responsável pelas etapas de processamento como empilhamento, georreferenciamento das bandas multiespectrais e o processo de correção atmosférica por meio do modelo FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) proposta por Felde et al. (2003).

As Figuras 2 e 3 destacam detalhadamente as rotinas de processamento dos parâmetros biofísicos à superfície realizadas no SEBAL. Contudo, foram determinados os componentes do balanço de energia da superfície terrestre conforme Bastiaanssen et al. (1998a, 1998b), Allen et al. (2002) e Bastiaanssen (2000), com o principal intuito em estimar a evapotranspiração real diária para região em estudo.

Ressalta-se ainda, que para a Figura 3, o fluxo de calor sensível instantâneo –  $H$  ( $W m^{-2}$ ) é a etapa cerne do algoritmo SEBAL. Pois é estimado com base na velocidade do vento e na temperatura da superfície, através de uma calibração interna da diferença de temperatura entre dois níveis da superfície conforme as pesquisas realizadas por Bastiaanssen et al. (1998a, 1998b) e Allen et al. (2002), aonde mais detalhes podem ser buscados.

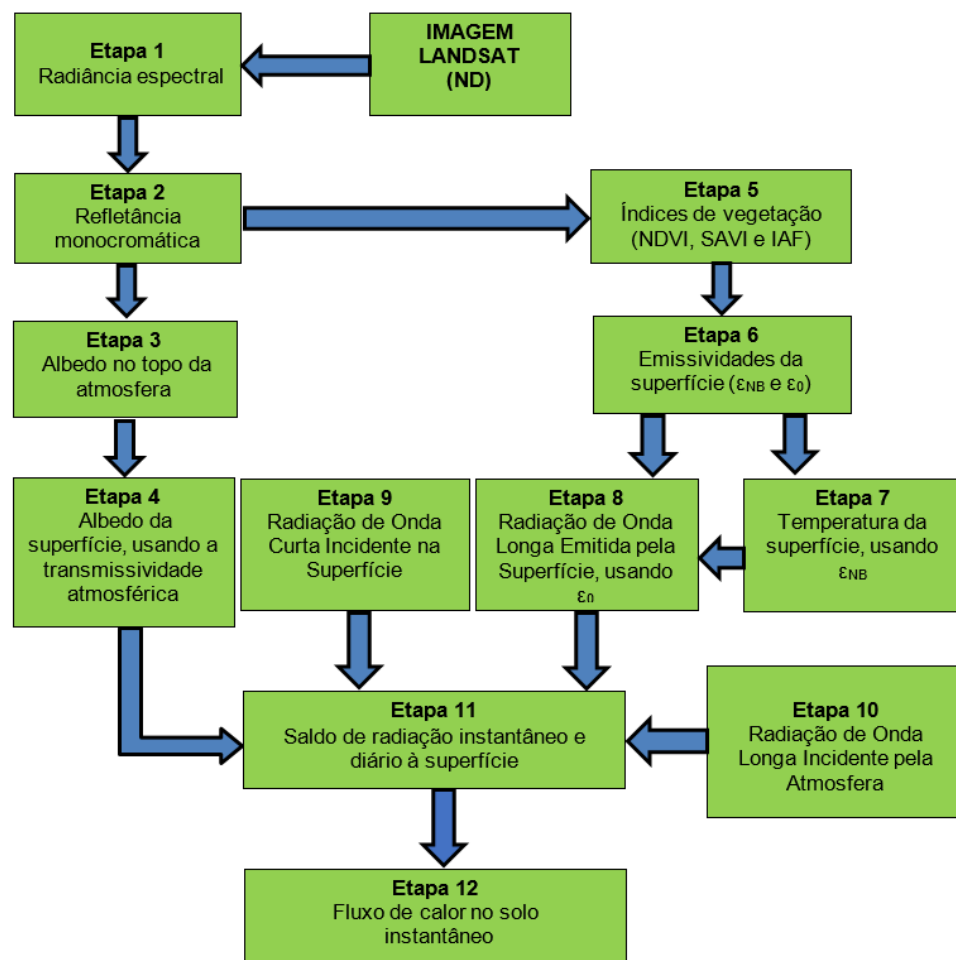


Figura 2. Fluxograma do processamento dos parâmetros biofísicos para determinação do saldo de radiação instantâneo e diário à superfície e do fluxo de calor no solo instantâneo.

Fonte: Adaptado de Silva (2016).

Procedeu-se o cômputo de H, que se inicia com dados meteorológicos como, a velocidade do vento ( $m s^{-1}$ ) ao nível z (m) e a altura média da vegetação (m) no local da medição da velocidade do vento, como também o coeficiente de rugosidade ( $Z_{0m}$ ) em metros e a velocidade de fricção –  $u^*$  ( $m s^{-1}$ ).

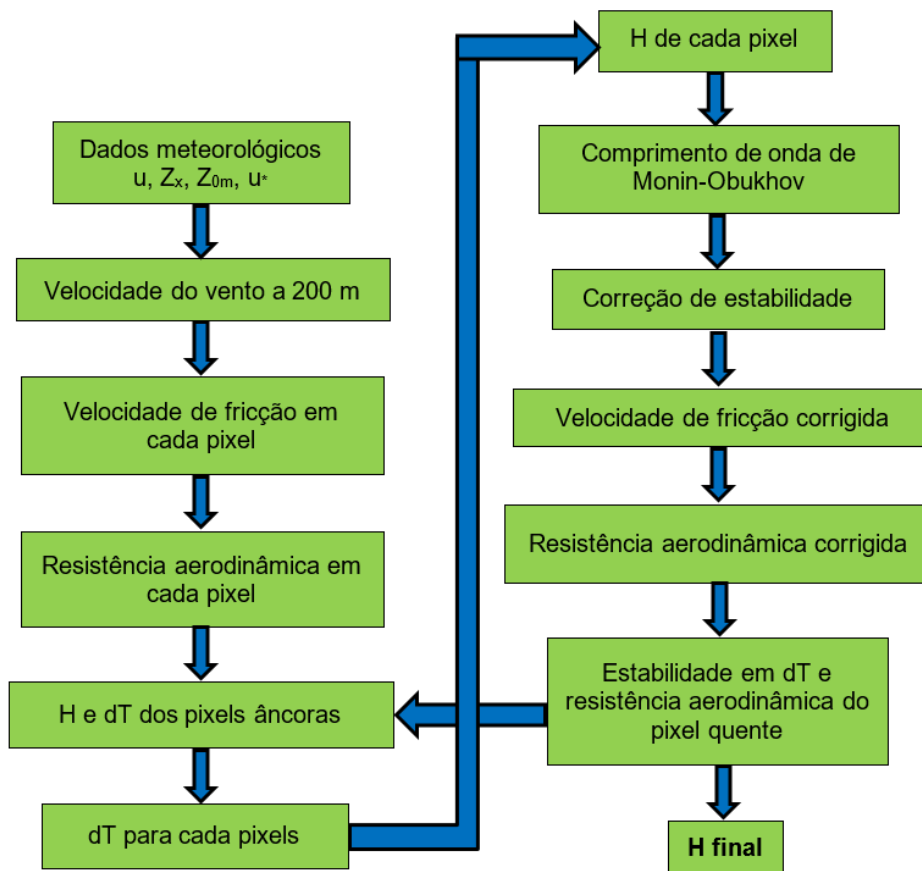


Figura 3. Fluxograma do processo iterativo de obtenção do fluxo de calor sensível instantâneo – H ( $W m^{-2}$ ).

Fonte: Adaptado de Silva (2016).

Foram convertidos os níveis de cinza das imagens em radiância espectral e refletância monocromática. Por seguinte, com a determinação do saldo de radiação instantâneo ( $R_n$ ) e diário à superfície ( $R_{n\ 24h}$ ), e também dos fluxos de calor no solo (G), sensível (H) e latente (LE), fração evaporativa ( $FE_i$ ) (Equação 1), ambos de modo instantâneo, possibilitou a estimativa da evapotranspiração real diária ( $ET_{r\ 24h}$ , mm dia<sup>-1</sup>) que foi determinada pela conversão do  $LE_{24h}$  em  $ET_{r\ 24h}$ , conforme Equação 2.

$$FE_i = \left( \frac{LE}{R_n - G} \right) \Rightarrow FE_{24h} = \frac{LE_{24h}}{R_{n\ 24h}} \quad (1)$$

$$ET_{r\ 24h} = \frac{86400 \cdot FE_i \cdot R_{n\ 24h}}{2450000} \quad (2)$$

Os mapas da superfície terrestre da presente pesquisa foram processados pelo Software ArcGIS® 10.2.2.

## 2.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos a medidas de tendência central (mínimo, máximo e médio) e dispersão (desvio padrão - DP, variância e coeficiente de variação).

O coeficiente de variação (CV) foi avaliado quanto a sua variabilidade, conforme Warrick e Nielsen (1980): CV < 12% é de baixa, CV entre 12 a 60% de média e CV > 60% de alta variabilidade.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta os mapas temáticos da variabilidade espacial da evapotranspiração real diária ( $ET_{r24h}$ ) no município de Iguatu – CE, com valores variando entre 0,0 e 6,50 mm dia<sup>-1</sup>. Também em estudos com imagens Landsat utilizando o SEBAL. Bastiaanssen (2000) e Sun et al. (2011) encontraram valores semelhantes de  $ET_{r24h}$ , variando entre 0 e 5,2 mm dia<sup>-1</sup> e 0 e 8 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

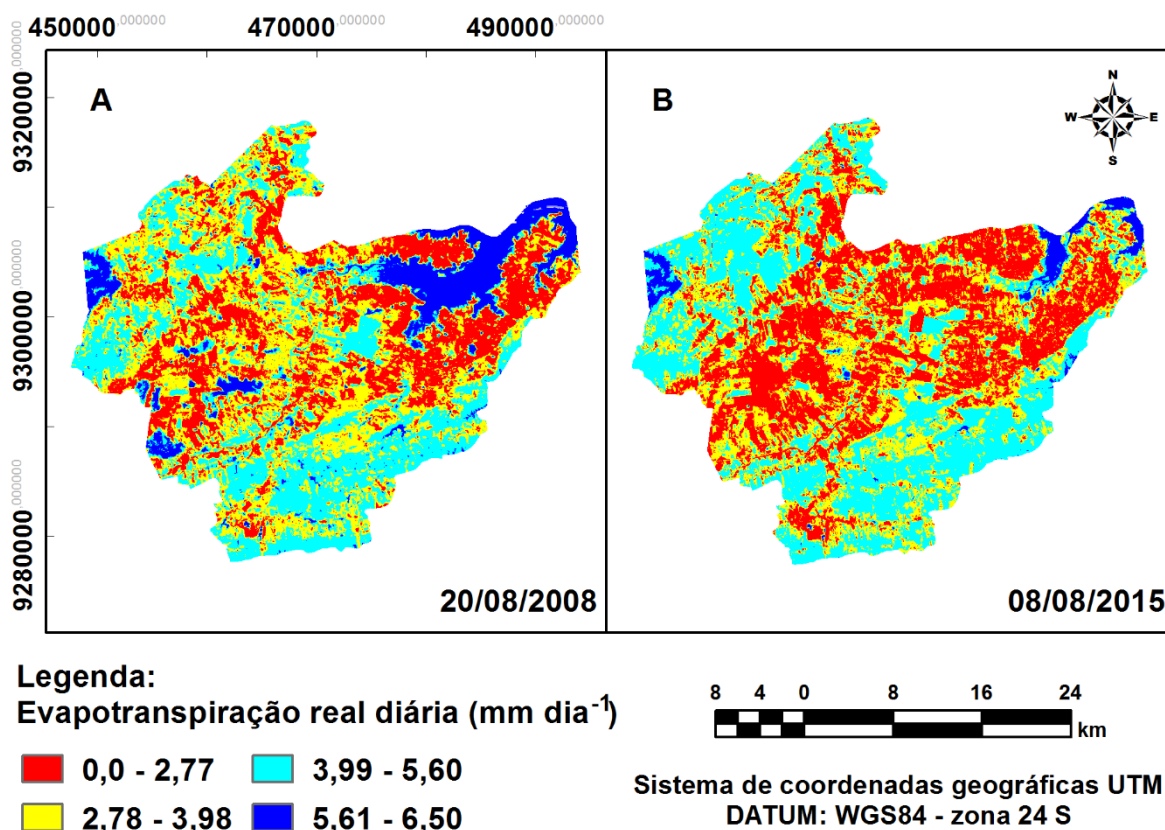


Figura 4. Espacialização da evapotranspiração real diária para o município de Iguatu-CE, nos dias 20/08/2008 (A) e 08/08/2015 (B).

Os menores valores de  $ET_{r24h}$  foram encontrados sobre solos com pouca ou nenhuma vegetação e área urbana (pixels amarelo e vermelho), são as áreas de maior atividade antrópica da região, com resultados entre 0,0 e 3,98 mm dia<sup>-1</sup> (Figura 4). Sun et al. (2011) também observaram valores semelhantes nestas mesmas áreas, variando entre 0,0 e 2,96 mm dia<sup>-1</sup>.

Os maiores valores de  $ET_{r\ 24h}$  foram observados sobre as áreas de agricultura irrigada, devido estes locais possuírem um maior aporte hídrico, os valores chegaram a máximo de 6,50 mm dia<sup>-1</sup> (pixels azuis claros e escuros). Altos valores também se observaram nas áreas de vegetação nativa (Caatinga densa).

Os corpos hídricos também apresentaram faixas elevadas nos reservatórios da região (pixels azuis escuros), porém ressalta-se que sobre as superfícies líquidas acontece o processo predominante da evaporação, conforme ressaltado por Lima et al. (2014). Sun et al. (2011) encontraram nas áreas de corpos hídricos valor de  $ET_{r\ 24h}$  similar na faixa de 6,74 mm dia<sup>-1</sup>.

O mapa do dia 20/08/2008 (Figura 4A) teve maior disponibilidade hídrica, destacados principalmente nos reservatórios da região, devido maiores precipitações pluviométricas na região durante o ano (1392,8 mm), com isso favoreceu a maior retirada de água conforme pode-se observar nos valores máximos e médios da Tabela 2.

Datas	Mínimo	Máximo	Médio	DP	CV (%)
20/08/2008	0,0	6,50	3,47	1,23	35
08/08/2015	0,0	4,00	1,49	0,69	46

Tabela 2. Parâmetros estatísticos da análise espacial da evapotranspiração real diária na região semiárida.

Os mapas temáticos da  $ET_{r\ 24h}$  apresentaram um comportamento de média variabilidade, confirmado pelos valores do CV (Tabela 2), segundo os critérios de classificação de Warrick e Nielsen (1980).

Lins et al. (2017) destacam que a evapotranspiração real está diretamente relacionada com capacidade da vegetação em absorver a umidade do solo por meio das raízes e perdê-la para a atmosfera, especialmente via superfície foliar e, ainda ressaltaram, que quando trata-se de regiões semiáridas conforme este estudo, tal processo torna-se mais evidente com a aproximação do período chuvoso e principalmente diante da própria incidência de chuvas.

Analisando em um aspecto geral, os principais resultados são similares a estudos no Brasil, especialmente na região semiárida do Nordeste, destacando o padrão de distribuição espacial dos alvos na área de estudo. O monitoramento espacial da evapotranspiração pode acarretar na gestão adequada e na tomada de decisões sobre os recursos hídricos no semiárido.

## 4 | CONCLUSÕES

A alta aplicabilidade do sensoriamento remoto orbital (SEBAL) permitiu identificar espacialmente a variabilidade quantitativa e qualitativa da evapotranspiração real diária, que mostrou ser influenciada pelas respostas do ambiente natural de Caatinga

na ausência e/ou presença dos regimes de chuvas e dos demais usos do solo, mostrando ser parte efetiva no monitoramento ambiental de forma prática e eficiente a um baixo custo.

O monitoramento ambiental espacial torna-se essencial para o planejamento e organização na tomada de decisões, especialmente quanto aos recursos hídricos e naturais na identificação de alterações ambientais, como eventos extremos de seca, e também como a degradação e desertificação do solo no semiárido.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; & BASTIAANSEN, W. G. M. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual–Idaho Implementation**, v. 1, p. 97, 2002.

ARRAES, F. D. D.; LOPES, F. B.; DE SOUZA, F.; & DE OLIVEIRA, J. B. Estimativa do balanço hídrico para as condições climáticas Iguatu, Ceará, usando modelo estocástico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 3, n. 2, p. 78-87, 2009.

BASTIAANSEN, W. G. M. SEBAL – Based Sensible and Latent Heat Fluxes in the Irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 229, n. 1, p. 87-100, 2000.

BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, 212-213: 198-212, 1998a.

BASTIAANSEN, W. G. M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MA, Y.; MORENO, J. F.; ROERINK, G. J.; VAN DER WAL, T. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 213-229, 1998b.

BASTIAANSEN, W.; THORESON, B.; CLARK, B.; DAVIDS, G. Discussion of “Application of SEBAL Model for Mapping Evapotranspiration and Estimating Surface Energy Fluxes in South-Central Nebraska” by Ramesh K. Singh, Ayse Irmak, Suat Irmak, and Derrel L. Martin. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering-Asce**, v. 136, n. 4, p. 282-283, 2010.

FELDE, G. W.; ANDERSON, G. P.; COOLEY, T. W.; MATTHEW, M. W.; BERK, A.; & LEE, J. Analysis of Hyperion data with the FLAASH atmospheric correction algorithm. In: **Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS’03. Proceedings. 2003 IEEE International, IEEE**, v. 1, n. 03CH37477, p. 90-92, 2003.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil básico municipal de 2017**. Disponível online em: <<http://www.ipece.ce.gov.br/index.php/perfil-municipal-2017>>. Acesso em 26 de março de 2018. pdf, 2017. 18p.

LIMA, E. D. P.; SEDIYAMA, G. C.; ANDRADE, R. G.; LOPES, V. D.; SILVA, B. B. (2015). Evapotranspiração real diária em sub-bacias do Paracatu, utilizando produtos do sensor Modis. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 17-27, 2014.

LINS, F. A. C.; SANTOS ARAÚJO, D. C.; SILVA, J. L. B.; LOPES, P. M. O.; OLIVEIRA, J.D.A. Estimativa de parâmetros biofísicos e evapotranspiração real no semiárido pernambucano utilizando sensoriamento remoto. **Irriga**, v. 1, Edição especial, p. 64-75, 2017.

OLIVEIRA, L. M.; MONTENEGRO, S. M.; SILVA, B. B.; ANTONINO, A. C.; MOURA, A. E. Evapotranspiração real em bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro por meio do SEBAL e produtos



MODIS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 10, p. 1039-1046, 2014.

RIBEIRO, E. P.; NÓBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. O.; MOREIRA, E. B. Estimativa dos índices de vegetação na detecção de mudanças ambientais na bacia hidrográfica do rio Pajeú. **Geosul**, v. 31, n. 62, p. 59-92, 2016.

SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. M.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA JUNIOR, M. J.; NASCIMENTO, I. B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, (Suplemento), p. S66-S72, 2014.

SILVA, J. L. B. **Monitoramento espaço-temporal da cobertura vegetal do bioma Caatinga no Ceará mediante imagens orbitais**. 2016. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife – PE.

SUN, Z.; WEI, B.; SU, W.; SHEN, W.; WANG, C.; YOU, D.; LIU, Z. Evapotranspiration estimation based on the SEBAL model in the Nansi Lake Wetland of China. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 54, n. 3-4, p. 1086-1092, 2011.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D. R.; HILLEL, D. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: **Applications of Soil Physics**. Cap.2. Academic, New York, 1980.

ZHANG, K.; KIMBALL, J. S.; RUNNING, S. W. A review of remote sensing based actual evapotranspiration estimation. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 3, n. 6, p. 834-853, 2016.

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

### **Lucas Moura Delfino**

Universidade Estadual da Paraíba  
Araruna – Paraíba

### **Anderson Oliveira de Sousa**

Universidade Estadual da Paraíba  
Araruna – Paraíba

### **Luiz Ricardo da Silva Linhares**

Universidade Estadual da Paraíba  
Araruna – Paraíba

### **Felipe Augusto da Silva Santos**

Universidade Estadual da Paraíba  
Araruna – Paraíba

**RESUMO:** Araruna é um município localizado no agreste paraibano, incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, condicionado a dificuldade de abastecimento adequado de água para população. Na cidade existem reservatórios que atendem tanto a Araruna quanto a municípios vizinhos, contudo, a oferta de água da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) é insuficiente para atender a demanda, fazendo com que a população utilize de cisternas para o armazenamento de água. Diante deste cenário, é de suma importância, analisar amostras de águas provenientes de cisternas domiciliares do município, através de testes físico-químicos e microbiológicos de modo a verificar a

qualidade da água, utilizando o parâmetro de potabilidade definido pela portaria Portaria 2.914 do Ministério da Saúde. Os valores de pH para as amostras estão entre 6,74 e 7,8 o que indica que a alcalinidade presente é devido apenas a bicarbonatos. Os valores de turbidez das amostras se encontram dentro do padrão de potabilidade do ministério da saúde de acordo com a tabela de padrão organoléptico de potabilidade anexo X que é 5,0 UT. Nota-se que o valor de DQO da cisterna C3 é de 145,6 mg/L. Os valores relativos ao teor de cloro residual livre estão de acordo com o Art. 34. da portaria 2.914 pois segundo texto é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre. Os resultados indicaram que não há contaminação por coliformes termotolerantes pois não foi detectada a presença dos mesmos. **PALAVRAS-CHAVE:** Cisternas. Análises. Escassez.

**ABSTRACT:** Araruna is a municipality located in the agreste of Paraíba, included in the geographic area of the Brazilian semi-arid region, conditioned the difficulty of adequate supply of water for the population. In the city there are reservoirs that serve both Araruna and neighboring municipalities, however, the water supply of Companhia de Água e Esgotos de Paraíba (CAGEPA) is insufficient to meet the demand, causing the population to use cisterns

for the storage of Water. In view of this scenario, it is extremely important to analyze water samples from household cisterns in the municipality, through physical-chemical and microbiological tests in order to verify the quality of the water, using the potability parameter defined by the ordinance Portaria 2,914 of the Ministry of Health. The pH values for the samples are between 6.74 and 7.8 which indicates that the present alkalinity is due only to bicarbonates. The turbidity values of the samples are within the Ministry of Health's potability standard according to the table of organoleptic standard of potability Annex X which is 5.0 UT. It is noted that the COD value of cistern C3 is 145.6 mg / L. The values related to the free residual chlorine content are in accordance with Article 34 of ordinance 2,914, since according to the text it is mandatory to maintain a minimum of 0.2 mg / L of free residual chlorine. The results indicated that there was no contamination by thermotolerant coliforms because the presence of thermotolerant coliforms was not detected.

**KEYWORDS:** Cisterns. Analyzes. Scarcity.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Estado da Paraíba, devido a sua localização e suas condições socioeconômicas está sujeita a problemas relacionados com quantidade insuficiente de água. A construção de cisternas para guardar água de chuva é natural e intuitiva e tem, por isso, sido praticada há milênios. Há registros de cisternas de mais de dois mil anos em regiões como a China e o deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia (GNADLINGER, 2009). Como se pode observar, essa prática não é atual, explicitando que a necessidade de acumular água, para uma possível falta dessa, sempre foi priorizada.

Araruna é uma cidade localizada no agreste paraibano, bastante afetada pela seca, condição que dificulta o abastecimento adequado de água para população. A oferta de água da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) é insuficiente para atender a demanda, fazendo com que a população se utilize de cisternas para o armazenamento de água. Devido à falta de informação, muitas vezes a construção e manutenção desse equipamento é feita de forma inadequada. Algumas doenças decorrentes desta situação, como a exemplo da dengue, e casos de infecção, tornam esta realidade em um problema de saúde pública. (SPOHR, 2011; RIGATTI et al., 2007).

Por causa da irregularização no tratamento das águas nas cisternas de Araruna-PB, e pela carência de informação por parte da comunidade vem crescendo a necessidade de um tratamento adequado das águas utilizadas pela população. Esse problema é de extrema importância para saúde pública, pois várias doenças como cólera, tornam a vida das pessoas mais precárias. Por isso que se deve planejar de forma correta a cura da água, de modo a impedir a contaminação por parte dos seus usuários.

No Brasil, a normatização da qualidade da água iniciou na década de 70 e atualmente, está em vigor na portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, a qual estabelece a Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano e define... “água potável é aquela cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendem ao padrão de potabilidade e não oferece risco à saúde” (DOU, 2011).

O tratamento de água visa a reduzir a concentração de poluentes até o ponto em que não apresentem riscos para a saúde pública, sendo que cada etapa do tratamento é um obstáculo para a proliferação de patógenos nocivos à saúde (EMBRAPA, 2011; REBOUÇAS et al., 2006). Diante do exposto este trabalho teve como objetivo selecionar áreas da cidade e realizar coletas de amostras de água armazenada em cisternas a fim de verificar a qualidade da água, em comparação com os parâmetros de potabilidade definidos pela Portaria 2.914, do Ministério da Saúde, e se necessário propor medidas de tratamento da água.

## **2 | OBJETIVO**

Quantificar e analisar amostras de águas provenientes de cisternas domiciliares do município de Araruna-PB, através de testes físico-químicos e microbiológicos de modo a verificar a qualidade da água de consumo.

## **3 | METODOLOGIA**

A metodologia empregada compreende ao levantamento de dados, aplicação de um questionário, coleta de amostras e análises das amostras.

Junto à Secretaria de Saúde do Município de Araruna-PB, com bases nos registros dos agentes de saúde, foi feito o levantamento das áreas da cidade onde havia a maior concentração de cisternas. Com o auxílio em um mapa da área urbana também fornecido pela Secretaria Municipal de Saúde foram selecionadas regiões da cidade (de maior concentração de cisternas) para aplicação do questionário. As áreas selecionadas foram à área central que compreende a rua principal Avenida Targino Pereira do centro da cidade e as ruas paralelas em um raio de duzentos metros da rua principal.

Foram feitas visitas às residências das áreas selecionadas para aplicação do questionário elaborado com o objetivo de obter informações sobre as características dos poços e finalidade da água.

O procedimento de coleta, acondicionamento e preservação das amostras seguiu as normas estabelecidas pelo Guia de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011). As amostras foram coletadas na saída de todas as cisternas, antes de passar para os reservatórios, assim como também nestes.

As análises foram realizadas laboratório de química do centro de ciências tecnologia e saúde (CCTS) da UEPB e na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários - ETRABES em Campina Grande-PB.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No perímetro central foram percorridas 16 ruas perfazendo um total de 315 endereços entre os meses de outubro e dezembro de 2014 e Fevereiro de 2015. Entre os endereços visitados havia estabelecimentos comerciais como: mercadinhos, condomínios residenciais e casas. Das 315 casas visitadas um total de 101 pessoas entrevistadas declarou ter uma cisterna em sua residência, como é mostrado na Figura 1.

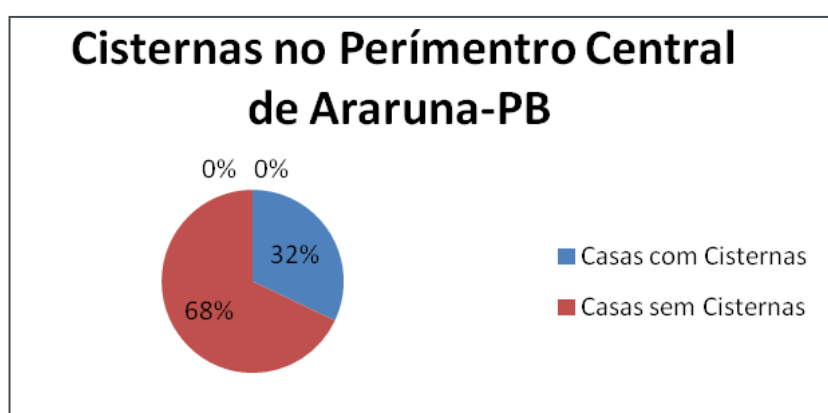


Figura 1. Quantidade de cisterna no perímetro central de Araruna-PB.

A Tabela 1 mostra os volumes das cisternas com suas respectivas quantidades e a Tabela 2 apresenta valores da idade das cisternas.

Volume (m <sup>3</sup> )	Quantidade
27	40
91.125	9
42.875	20
64	16
125	16
<b>Total</b>	<b>115</b>

Tabela 1. Quantidade e volume cisternas no perímetro central de Araruna-PB.

Fonte: Própria (2015)

Idade dos Poços (anos)	0 ≤ t < 1	1 ≤ t < 10	t ≤ 10	Não souberam informar	Total
Quantidade de Poços	13	71	7	10	101
%	12.87	70.29	6.93	9.90	100

Tabela 2. Valores representativos da idade das cisternas no Perímetro central de Araruna-PB.

Fonte: Própria (2015)



A maioria dos entrevistados declarou utilizar a água para: para beber e uso domésticos. As cisternas encontradas nas casas entrevistadas são feitas de placas de cimento, onde a mão de obra utilizada consistia em pedreiros da própria região. A água geralmente não é tratada por nenhum órgão competente, sendo a mesma captada e usada sem nenhum tratamento adequado. Porém alguns entrevistados declararam utilizar de peixes como uma alternativa para o tratamento das águas das cisternas. Apenas 3% dos entrevistados de declarou ferver água antes de beber. A água é normalmente retirada das cisternas na maioria dos casos utilizando um balde ou através de uma bomba de água.

As entrevistas e coleta das amostras foram feitas na região central de Araruna. Durante a pesquisa foi confeccionado um mapa da cidade de Araruna, a partir de um mapa da fornecido pela secretaria de saúde. O mapa foi atualizado (Figuras 4 e 5 e representado no AutoCad).

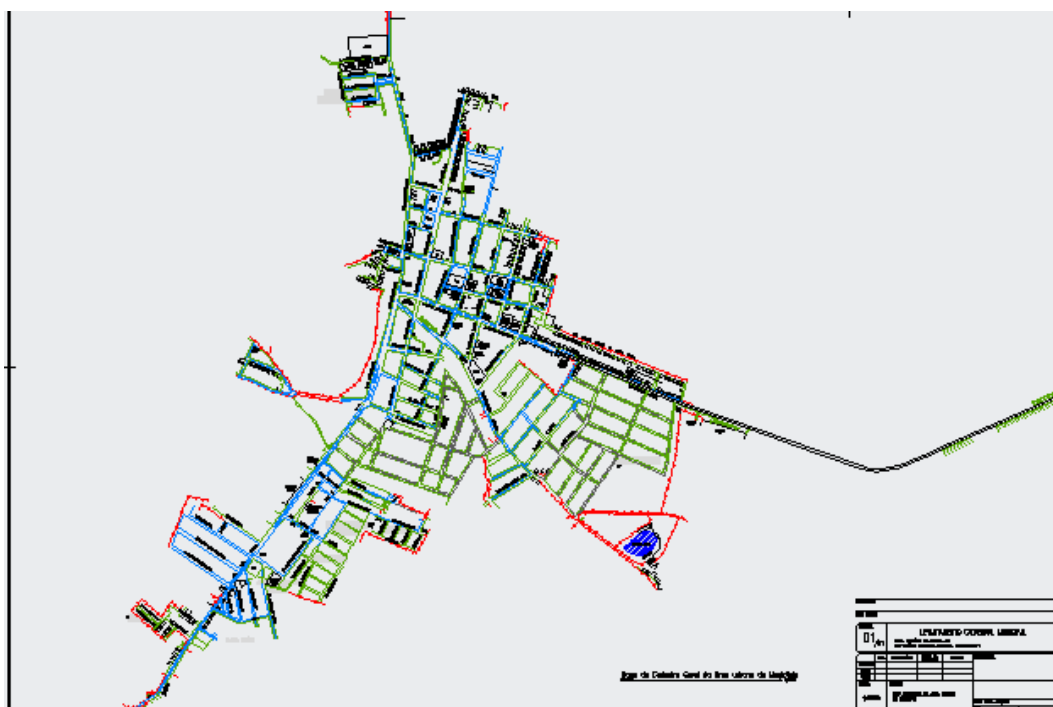


Figura 2. Mapa da Cidade de Araruna-PB.



Amostra	PH	Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Turbidez (NTU)	DQO (mg/L)	Cloro residual livre (mg/L)	Coliformes Termotolerantes
C1	7,8	28	0,9	0	0,4	Ausência
C2	7,74	24	0,9	0	0,5	Ausência
C3	7,35	28	0,26	145,6	0,3	Ausência
C4	6,74	8	0,25	0	0,4	Ausência

Tabela 3. Valores de pH, alcalinidade, turbidez, DQO, cloro residual livre e Coliformes Termotolerantes das amostras de água de quatro cisternas distintas.

Fonte: Própria (2018)

## 5 | CONCLUSÕES

Os valores de pH indicaram que a alcalinidade presente é devida apenas a bicarbonatos. Os valores de turbidez das amostras de água das cisternas se encontram dentro do padrão de potabilidade do ministério da saúde. As alterações apresentadas no parâmetro DQO em relação à cisterna C3 podem ser devidas à poeira ou outro material particulado orgânico que não proporcionou contaminação microbiológica de acordo com os resultados para as amostras de água das cisternas analisadas onde não foi detectada a presença de coliformes termotolerantes indicando que não há contaminação por esses micro-organismos, visto que a quantidade de cloro residual livre está dentro do padrão de potabilidade. Nesse caso o processo de filtragem seria indicado para melhorar a qualidade da água com relação a esses parâmetros.

## REFERÊNCIAS

ANA - Agencia Nacional das Águas. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras:** água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos Brasília, 2011.

Brasil. Leis, Decretos etc. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.** Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química da Água.** Paraná, 2011.

GNADLINGER, J. **Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas, construídas em comunidades rurais do semiárido brasileiro.** 2009.

SANTOS, A. C. **Noções de Hidroquímica.** In: Hidrologia: Conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 1997.

SANTOS, J. M. M. Índice de qualidade de água subterrânea aplicado em área de Aquíferos Cristalinos com uso agrícola: Bacia do Rio São Domingos-RJ. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro 2009. (Tese em Doutorado em Ciências - Geologia).

SPOHR, Z. **Manual para execução do programa cisternas.** Brasília, 2011.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

RIGATTI, F., STÜKER F., DOMINGUES, V. O., BERTONCHELI, C. M., PORTO, J. F., CARLOTTO, M. S., TAVARES, J. D., HÖRNER, R.; **Análise da Potabilidade da Água de Poços em Bairro da Periferia de Santa Maria.** Anais do I Congresso de Farmácia de Maringá, 2007.

## MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BARRAGEM DE MORRINHOS, EM POÇÕES – BAHIA

**Vivaldo Ribeiro dos Santos Filho**

Prefeitura Municipal de Planalto

Planalto – Bahia

**Zorai de Santana dos Santos**

Vives Agroambiental

Poções – Bahia

**RESUMO:** A água é um recurso natural escasso que tem sua qualidade afetada por diversos fatores. O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água no reservatório da Barragem de Morrinhos, no município de Poções – Bahia. As amostras foram coletadas em garrafa plástica e em coletores estéreis. O material coletado acondicionado em caixa de poliestireno expandido e transportado para o laboratório de análises. Os parâmetros avaliados foram: pH, condutividade elétrica, cloretos, dureza e coliformes. Os valores de pH e cloreto estão dentro dos padrões aceitáveis. As atividades antrópicas provocam modificações gradativas na qualidade da água.

**PALAVRAS CHAVE:** Potabilidade. Saúde pública. Qualidade ambiental.

**ABSTRACT:** Water is a scarce natural resource which has its quality affected by several factors. The present study aimed to evaluate the quality of the water in the reservoir of the dam of Morrinhos, in the municipality of Poções -Bahia.

The samples were collected in plastic bottle and sterile collectors. The collected material packaged in polystyrene box and transported to the laboratory for analysis. The parameters evaluated were: pH, electrical conductivity, hardness, chlorides and coliforms. The pH and chloride values are within acceptable standards. Human activities are causing gradual changes in water quality.

**KEY WORDS:** Potability. Public health. Environmental quality.

### 1 | INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural escasso e finito, essencial para manutenção da vida. Sua disponibilidade deve ser entendida tanto na quantidade quanto na qualidade, pois pode ser via de transmissão de doenças. A qualidade da água dos mananciais de áreas naturais é resultado de influências climáticas, geológicas e fisiográficas (RENOVATO et al., 2013).

Vários são os fatores afetam a qualidade da água destinada ao consumo humano. Dentre eles, citam-se os efluentes domésticos, caracterizado por contaminantes orgânicos e patogênicos e os efluentes industriais (MERTEN & MINELLA, 2002). Além dos fatores pontuais, a degradação da qualidade da água pode ocorrer por fatores difusos, como os resíduos

provenientes da agricultura (fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, entre outros).

A água não se encontra em estado puro na natureza, é um composto dotado de características físico-químicas próprias. Na natureza, encontra-se associada a diversas substâncias que condicionam os seus usos possíveis. Necessitando, portanto, de associar a sua quantificação à indicação da sua qualidade (DIAS & VICENTE, 2011).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água no reservatório da Barragem de Morrinhos, no município de Poções – Bahia, no período entre os anos de 2015 e 2016.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A Barragem de Morrinhos, local de realização deste estudo, está localizada no município de Poções, na Região Sudoeste da Bahia. O município está localizado na mesorregião Sul Baiano e na microrregião de Vitória da Conquista, a 446 km da capital do Estado. Possui altitude de 760 m com clima Semiárido, variando de Subúmido a Seco (SEI, 2009).

O município de Poções faz parte da Região Hidrográfica Atlântico Trecho Leste. É banhado pela microbacia hidrográfica do Rio das Mulheres, que tem como principal curso d'água o Rio das Mulheres. A água do Rio das Mulheres é retida no Povoado de Morrinhos, pela Barragem de Morrinhos que abastece a região. A barragem foi construída em 1957, com capacidade de armazenar 3.110.000 m<sup>3</sup> (SANTOS et al., 2015; DNOCS, 2014).

A represa foi construída com a finalidade de usos múltiplos – consumo humano, recreação, piscicultura, irrigação. Atualmente, o seu principal uso é o abastecimento humano de Poções, bem como de municípios circunvizinhos (SOUSA, 2005).

As coletas foram realizadas mergulhando-se o frasco de coleta, diretamente na água. As amostras foram coletadas em garrafa plástica com capacidade de 500 mL para as características físico-químicas, e em coletores estéreis para as características microbiológicas. Em seguida o material coletado foi acondicionado em caixa de poliestireno expandido (isopor) e transportado para o Laboratório de Análise de Água e Alimentos da UESB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* Vitória da Conquista – BA.

No laboratório, os parâmetros avaliados foram: pH, condutividade elétrica, cloretos, dureza e coliformes. As coletas ocorreram mensalmente no período de agosto de 2015 a agosto de 2016.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados apresentados na figura 1, é possível verificar os valores médios



para as variáveis: pH, condutividade, cloreto, dureza, coliformes totais e coliformes termo tolerantes.

pH	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Cloreto ( $\text{mg}/\text{L}$ )	Dureza ( $\text{mg}/\text{L}$ )	Coliformes termo tolerantes (NMP/100mL)	Coliformes totais
6,6	206	82,98	63,45	6,68	3,61

Tabela 1. Valores médios dos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas de amostras da água da Barragem de Morrinhos, em Poções – Bahia.

O pH pode representar a concentração de íons hidrogênio H, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), estabelece para corpos hídricos de água doce pH na faixa de 6,0 a 9,0. Os resultados para este estudo demonstram que o pH encontra-se num valor aceitável para o consumo humano.

Para a variável condutividade elétrica, o valor médio obtido foi de  $206\mu\text{S}/\text{cm}$ . A resolução CONAMA 357/2005 não determina valor específico para esta variável. Contudo, segundo a CETESB (2012), quando a água apresenta concentrações superiores a  $100\mu\text{S}/\text{cm}$ , indica que o ambiente está sendo impactado por ações antrópicas. Indica também que a água pode apresentar características corrosivas.

As amostras apresentaram valores aceitáveis de cloretos, tendo  $82,92\text{ mg}/\text{L}$  como valor médio. Segundo a Portaria 518/04, o teor ideal de cloretos é até  $250\text{ mg}/\text{L}$ . O cloro é bactericida utilizado para eliminar bactérias e outros microrganismos patogênicos, tem sua eficiência baseada na destruição pela oxidação dos grupamentos sulfidríla livres (SCURACCHIO, 2010).

Dureza é a capacidade da água de precipitar sabões devido à presença de Cálcio e Magnésio, é até  $500\text{ mg}/\text{L}$  (RENOVATO et al., 2013). As amostras apresentaram valores aceitáveis.

A média de coliformes termo tolerantes e coliformes totais coletadas no reservatório foi, respectivamente, foi de  $6,68\text{ NMP}/100\text{mL}$  e  $3,61\text{ NMP}/100\text{mL}$  UFC/100 ml. Conforme Portaria 518/04, na água para consumo humano, incluindo fontes individuais como poços rasos não são permitidos a presença de coliforme fecal ou termo tolerantes em 100 ml da água. Porém, detecção de coliformes totais em de águas não é, por si, indicio de contaminação fecal. Para confirmação de contaminação fecal, é necessária a enumeração direta de *Escherichia coli*, mais significativa devido a sua alta incidência dentro do grupo fecal (SCURACCHIO, 2010).

#### 4 | CONCLUSÕES

Os resultados evidenciam que a influência antrópica, resultante da atividade agrícola presente na área Barragem de Morrinhos resulta em modificações gradativas na qualidade da água da represa.

## REFERÊNCIAS

DIAS, S.; VICENTE, H., **Modelação da Qualidade da Água em Sistemas de Abastecimento Público**. In P. CARROTT, P.; GALACHO, C.; MENDES, P.; FIGUEIREDO, M.; FERREIRA, T.; TEIXEIRA, A. Eds., Jornadas do Centro de Química de Évora 2011, pp. 33, Universidade de Évora Edition, Évora, Portugal, 2011. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/3824?mode=full>, acesso em: out. 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Índices de qualidade das águas. São Paulo: CETESB, 2012. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%A1guas-superficiais/108-%C3%ADndices-de-qualidadedas-%C3%A1guas>, acesso em: out. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução 357**. Brasília, 2005. 23 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>, acesso em: out. 2016.

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Monitoramento de Reservatórios**. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br>, acesso em: out. 2016.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n.4, p. 33-38, 2002.

RENOVATO, D. C. C.; SENA, C. P. S.; SILVA, M. M. S. Análise de parâmetros físico-químicos das águas da barragem pública da cidade de Pau dos Ferros (RN) – pH, cor, turbidez, acidez, alcalinidade, condutividade, cloreto e salinidade. In: Congresso de Iniciação Científica do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, IX, Currais Novos. **Anais...Currais Novos: Instituto Federal do Rio Grande do Norte**, 2013. Disponível em: <http://portal.ifrn.edu.br/pesquisa/editora/livros-para-download/anais-do-ix-congic-ifrn>, acesso em: out. 2016.

SANTOS, Z. S.; PAULA, A.; PINHEIRO, M. P.; BARRETO, P. A. B. Rio das Mulheres: diagnóstico ambiental das áreas no entorno de nascentes em Poções – Bahia, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.11 n.21, p. 3281-3288, 2015.

SCURACCHIO, P. A. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos - SP**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. “Julio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição. Araraquara, 57p. 2010.

Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Disponível em <http://sim.sei.ba.gov.br/sim/tabelas.wsp>. Acesso em out. 2016.

SOUSA, C. J. S. S. **Delimitação e estudo dos impactos ambientais da microbacia Rio das Mulheres no município de Poções – BA**. Monografia (Especialização) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista – Bahia, 77p. 2005.

## O REDD+ NA PERSPECTIVA DOS DIREITOS DE PROPRIEDADE

**Fernanda Coletti Pires**

Universidade de São Paulo, Escola de Artes  
Ciências e Humanidades

**Sônia Regina Paulino**

(Universidade de São Paulo)

Universidade de São Paulo, Escola de Artes  
Ciências e Humanidades

**RESUMO:** O REDD+ tem sido abordado no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima como instrumento central para reduzir o aquecimento global, por meio da conservação dos estoques de carbono florestal nos países em desenvolvimento. Financiadas internacionalmente por variadas modalidades, as iniciativas de REDD+ têm sido alvo de questionamentos que envolvem os direitos de propriedade e de carbono. O Brasil é um país-chave nesta questão, pois possui quase a metade da floresta tropical remanescente no mundo, lidera o ranking de maior número de mortes registradas por conflitos de terra, possui projetos de REDD+ em escala local e regional e tem como compromisso atingir a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio da redução do desmatamento e degradação florestal. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar o REDD+, com base nas abordagens dos direitos de propriedade, enfatizando elementos centrais

que devem ser considerados na governança e nas iniciativas. Considerando o regime de propriedade estabelecido no Brasil, o mecanismo de REDD+ envolve três principais elementos: responsabilização pela propriedade e pelo carbono, a permanência dos estoques florestais e a distribuição justa e equitativa de benefícios. Esses elementos são essenciais para assegurar o papel do REDD+ na redução de emissões de GEE e na promoção de benefícios locais considerando os direitos associados ao uso da terra.

**PALAVRAS-CHAVE:** florestas, mudanças climáticas, acesso à terra.

**ABSTRACT:** REDD+ has been approached at the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) as a central instrument to mitigate climate change, through conservation of forest carbon in developing countries. Financed internationally through various modalities, REDD+ initiatives have been the subject of questioning that involve property and carbon rights. Brazil is a central country in that issue, because it has almost half of the remaining tropical forest of the world, is a leader in the ranking of highest number of deaths recorded due to land conflicts, has REDD+ projects in local and regional scale and has committed to reducing greenhouse gases (GHG) emissions by reducing deforestation and

forest degradation. In this context, this work has as objective to analyze REDD+, based on property rights approaches, emphasizing core elements that should be considered in governance and in the initiatives. Considering the property regime established in Brazil, REDD+ mechanism involve three main core elements: accountability of property and carbon, permanence of forest stocks and fair and equitable distribution of benefits. These elements are essential to ensure the role of REDD + in reducing GHG emissions and promoting local benefits by considering the rights associated with land use.

**KEYWORDS:** forests, climate change, land access.

## 1 | INTRODUÇÃO

O mecanismo de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD), desenvolvido no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, em inglês), busca recompensar voluntária e monetariamente países em desenvolvimento que mantiverem ou aumentarem seus estoques florestais, visando conter o aumento da temperatura média da superfície terrestre. A urgência dessa questão, no contexto da mudança do clima, se deve à insuficiência das medidas de comando e controle adotadas pelos países em desenvolvimento com objetivo de conter o desmatamento (RAJÃO, 2012) e ao fato das florestas emitirem, ao serem desmatadas ou degradadas, gases de efeito estufa (GEE) que potencializam o aquecimento global (IPCC, 2014).

A partir da Conferência das Partes (COP) 13, realizada em 2007 no âmbito da UNFCCC, o REDD foi ampliado e passou a se chamar REDD+, por incluir, além do desmatamento e degradação florestal, estratégias de redução das emissões por meio da conservação, gestão sustentável de florestas e aumento dos estoques de carbono. O mecanismo proposto pode ser considerado como uma forma de pagamento por serviços ambientais (PSA) (KNOX *et al.*, 2011), uma vez que, além de manter estoques de carbono, as florestas prestam serviços ecossistêmicos, ou seja, benefícios para as populações, tais como regulação do microclima, do regime de chuvas e retenção do solo (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; BLUFFSTONE *et al.*, 2013).

Em 2008, foi lançado o programa das Nações Unidas para apoio às iniciativas de REDD+ nos países em desenvolvimento. Além deste programa, existem outros meios de financiamento de iniciativas, tais como fundos multilaterais, bilaterais, públicos e o mercado voluntário de carbono. Para as iniciativas de mercado há a possibilidade de comercialização de créditos de carbono, sendo que o REDD+ foi o *offset* mais procurado no mercado voluntário em 2015, representando 12.7MTCO<sub>2</sub>, o equivalente a 25% da quota de mercado (HAMRICK; GOLDSTEIN, 2016). Já nas fontes de financiamento que contemplam fundos não há créditos comercializáveis, e os recursos não são reembolsáveis, sendo provenientes, no caso do Brasil, majoritariamente de governos internacionais: Noruega e Alemanha.

Com o início da estruturação das estratégias nacionais de REDD+ e da

implantação de iniciativas em nível subnacional e local, diversos desafios e lacunas, em relação à questão dos direitos de propriedade, começaram a ser levantadas pela academia, sociedade civil e poder público.

Nestas questões tem-se discutido quais as barreiras e as mudanças necessárias, em termos de governança, para abordar os conflitos fundiários em nível nacional e permitir a implementação de iniciativas que garantam a manutenção da floresta e das comunidades dependentes dela (ex. políticas, instituições responsáveis e estrutura fundiária existente) e quais os impactos da falta da regularização fundiária para as iniciativas de REDD+, como aumento de conflitos, exclusão de comunidades dependentes dos recursos florestais, dificuldade em atender os objetivos de conservação e a redução nos investimentos por conta das incertezas de cumprimento das responsabilidades (COTULA; MAYERS, 2009; PALMER, 2011; CORBERA et al., 2011; SOMMERVILLE, 2011; CGE/IPAM/SAE, 2012; BLUFFSTONE et al., 2013; FORSYTH; SIKOR, 2013; DUCHELLE et al., 2014; KILL, 2015).

Da mesma forma, também são debatidas as oportunidades introduzidas pelo mecanismo, considerando que a regularização da posse da terra pode gerar benefícios como proteção dos recursos florestais (MENDELSON, 1994), maior confiabilidade e estabilidade (KNOX et al., 2011), além da responsabilização, ou seja, possibilidade de identificar e monitorar o responsável (no caso o proprietário) por assumir o cumprimento da manutenção florestal em iniciativas de REDD+ (LARSON et al., 2013).

Considerando o cenário brasileiro, as potencialidades de implantação do mecanismo de REDD+ e a centralidade do debate sobre direitos de propriedade (DP) tornam-se ainda mais relevantes. A falta de regularização e a insegurança fundiária são um dos principais *drivers* do desmatamento, com destaque para o bioma Amazônico (ARAUJO et al., 2009). As deficiências institucionais do país impedem a realização de uma distribuição de terras equitativa, assim como o estabelecimento e a garantia dos direitos associados ao acesso à terra. Como consequência, o Brasil foi apontado em 2016, pelo 5º ano consecutivo, como o país com maior número de mortes registradas por conflitos de terra envolvendo, principalmente, embates entre comunidades e setores como mineração, agronegócio e exploração madeireira (GLOBAL WITNESS, 2016).

A partir deste panorama é possível compreender que, no contexto do setor florestal, as negociações multilaterais sobre mudanças do clima têm direcionado seus esforços para reduzir as emissões de GEE, por meio de iniciativas que remunerem os responsáveis dos projetos pela manutenção ou aumento de remanescentes florestais em países em desenvolvimento, por meio do mecanismo de REDD+. Considerando o Brasil como país-chave nesse contexto, é importante levar em conta que, em nível local, ainda há diversas incertezas existentes e desafios fundiários, como a titularidade do detentor da terra e do carbono, que podem comprometer a eficácia do mecanismo. Desta forma, este trabalho tem como objetivo analisar o REDD+, com base em abordagens dos direitos de propriedade, enfatizando elementos centrais que devem

ser considerados na governança e nas iniciativas.

O artigo está estruturado da seguinte forma: A seção 2 explora a discussão teórica sobre direitos de propriedade e destaca os sistemas de propriedade existentes no Brasil e a relevância do tema no contexto nacional. A seção 3 aborda especificamente o REDD+, colocando em destaque a questão dos direitos de propriedade e os elementos essenciais para a continuidade das iniciativas. E a seção 4 apresenta as considerações finais.

## 2 | OS DIREITOS DE PROPRIEDADE

O debate sobre a propriedade se origina da disputa de recursos finitos por uma população crescente que busca, de forma individual, o seu próprio interesse e benefício. Hardin (1968) apresenta essa disputa inferindo que, em um ambiente aberto para todos, cada indivíduo buscará acessar a área para extrair recursos e aumentará a retirada em benefício próprio, afinal de contas tem-se a liberdade para tal. No entanto, outros indivíduos também passam a adotar este comportamento, o que leva ao atingimento da capacidade de suporte do ecossistema e, portanto, à tragédia dos comuns. O autor propõe que o limite populacional é necessário para reduzir a disputa, e que somente a propriedade privada dos recursos, como a terra, é capaz de limitar a liberdade individual de extrair os benefícios para benefício próprio. Havendo o direito de propriedade privada estabelecido, os desafios ambientais irão se equacionar.

Schlager e Ostrom (1992) contrapõem o argumento de Hardin (1968) sobre a propriedade de terra afirmando que torná-la privada não garante a manutenção dos recursos nem evita a sua superexploração. Para tal, é preciso avaliar os DP entendendo quais as condições que melhoram ou subtraem os recursos e qual a estabilidade ou instabilidade dos regimes de propriedade vigentes, quando desafiados por mudanças endógenas ou exógenas.

De acordo com Schlager e Ostrom (1992) os DP variam de acordo com os regimes de propriedade e são definidos em cinco níveis: a) Acesso: o direito de entrar em uma área física definida e desfrutar de benefícios que não subtraem os recursos, como usufruir de um lago, por exemplo; b) Retirada: o direito de obter recurso ou produto de um sistema de recurso; c) Gestão: o direito de regular os padrões de uso interno e transformar o recurso; d) Exclusão: o direito de determinar quem terá o direito de acesso e retirada e como esses direitos podem ser transferidos; e) Alienação: o direito de vender ou conceder o direito de gestão e exclusão.

De forma geral, o regime de propriedade da terra pode ser dividido em quatro regimes: acesso livre, propriedade comum, propriedade privada e do estado (FEDER; FEENY, 1991). Em regimes de acesso livre os indivíduos não possuem o direito legal de excluir outros, já os regimes de uso comum constituem-se de propriedades nas quais um número definido de membros compartilha o direito legal de excluir não-membros de utilizar o recurso (CIRIACY-WANTRUP; BISHOP, 1975 *apud* OSTROM;



HESS, 2007). Para a propriedade privada, o direito é atribuído a um indivíduo ou um pequeno número de indivíduos e na propriedade do estado a gestão da terra está sob a autoridade do setor público (FEDER; FEENY, 1991).

Além da diferença entre os tipos de propriedade é importante diferenciar o proprietário do posseiro/ reclamante da terra. Este indivíduo ou grupo possui os direitos operacionais de acesso e de retirada de recursos, decisão coletiva, manutenção da área e autoridade para definir limites nos direitos de exclusão. Já os proprietários possuem os mesmos direitos, com a adição do direito de exclusão. Isso porque na maioria dos regimes de propriedade, os indivíduos em regimes de uso comum não têm o direito de alienação, mas frequentemente têm o direito de transmitir a propriedade para membros da família (OSTROM; HESS, 2007).

No Brasil, o regime da propriedade está organizado entre privada, comum e do estado. Os níveis de direitos variam nas categorias acesso, retirada, gestão, exclusão e alienação apresentadas por Schlager e Ostrom (1992), com a adição, por Corbera et al. (2011), do item autoridade que se refere à capacidade de sancionar direitos e/ou representar o coletivo. No quadro 1 está detalhado o regime de terras no Brasil e os respectivos direitos de propriedade.

	Floresta privada	Propriedade comum	Florestas de propriedade do estado					
	Individual ou familiar; cooperativa/ organizações	Comunidade tradicional (compartilhada)	Parques Nacionais, Áreas protegidas, etc.	Reserva indígena	Reserva extrativista (RESEX)	Reserva do desenvolvimento sustentável	Assentamento agroextrativista e florestal	Concessão privada
<b>Direitos de acesso</b>	Mediado de forma privada, regulado pelo estado para Reserva Legal e APPs.	Atribuído a grupos de proprietários de acordo com práticas tradicionais.	Mediado pelo governo federal, estadual ou local.	Delimitado pelo estado de acordo com a ocupação/ demandas.	Coletivo/ mediado pelo conselho da RESEX.	Mediado pelo estado ou governo federal.	Mediado pelo INCRA ou agência de reforma agrária estadual.	Mediado pelo governo federal, estadual ou local.
<b>Direitos de retirada</b>	Extração irrestrita para uso direto local exceto de APPs.	Extração irrestrita para uso direto local.	Nenhum tipo de extração permitida.	Não há restrição para extração de recursos florestais não madeireiros (RFNM) ou madeira para uso doméstico ou coletivo local (exceto APPS - áreas de proteção permanente).			Não há restrições para (RFNM) ou madeira para uso local.	
<b>Direitos de gestão</b>	Retirar a madeira/RFNM de acordo com PM aprovado pelo estado.	Direito de retirar a madeira/ RFNM de acordo com acordos coletivos.	Extração não é permitida; pesquisa, turismo e educação sujeitos ao PM.	Extração comercial pode ser permitida baseada na aprovação dos PM.	Exploração comercial permitida se complementa outras atividades de acordo com o plano de manejo (PM).			Exploração madeireira baseada em PM aprovado; sujeita ao pagamento de taxas.
<b>Direitos de exclusão</b>	Proprietários excluem outros usuários; sujeito a função social da propriedade.	Comunidade não tem direito de excluir usuários que contestam a terra	Estado tem o direito de remover usuários conflituosos	Grupos indígenas têm o direito de excluir ou demandar a exclusão de agentes externos	Membros têm o direito e a responsabilidade de excluir agentes externos.			Concessionários têm o direito de excluir agentes externos.
<b>Direitos de alienação</b>	Proprietários privados podem vender ou conceder seus direitos a outras partes.	Membros não podem vender, mas os direitos podem ser tirados se não houver o título.	Venda da terra não é permitida; concessão para atividade não extrativa é permitida.	Transações de terras não são permitidas; direitos são hereditários para membros coletivamente.	Transações de terras não são permitidas; direitos são hereditários.	Transações de terras não são permitidas; direitos são hereditários.	Até titulação e emancipação do assentamento, a transação de terras não pode ocorrer.	Concessionários podem excluir ou serem removidos se não cumprirem com o PM ou pagamento das taxas.

<b>Autoridade (sancionar direitos/representar o coletivo)</b>	O estado sanciona o uso e ocupação privada e aprova planos de manejo em reservas legais.	Proprietários tentam sancionar os direitos, mas podem ser contestados.	Agência local, estadual ou federal aprova o PM e na ausência deste, nenhum uso é permitido.	A FUNAI auxilia, mas não controla a gestão da e proteção contra invasão.	O estado aprova o PM. Conselho da RESEX supervisiona a gestão.	O estado aprova PM; Associação da comunidade supervisiona a gestão.	Estado impõe planos de uso individual e coletivo e supervisiona PM, caso haja.	O estado sanciona e autoriza direitos de uso concessionários, sujeito a avaliação e certificação de terceira parte.
---	--	--	---	--	--	---	--	---

Quadro 1. Regime de propriedade de terras no Brasil e direitos de propriedade

Fonte: Corbera et al. (2011), tradução livre.

A partir do quadro 1 é possível compreender o papel do estado e do proprietário na garantia dos DP no Brasil. Em propriedades privadas o proprietário detém o título, um documento formal emitido pelo governo federal ou pelo governo do estado brasileiro, dependendo da jurisdição. Com este documento, o proprietário pode solicitar ao governo auxílio do poder de polícia para fornecer segurança e manter o seu direito protegido. Para Alston, Libecap e Schneider (1996) ter um título reduz custos de proteção da terra, fornece segurança, propicia investimentos em longo prazo e promove o desenvolvimento do mercado de terras. No caso de propriedades comuns, os moradores não detêm o título, o que os impede de exercer os direitos de exclusão, alienação e autoridade. Já em propriedades do estado os direitos podem variar, mas no geral o estado é responsável por emitir as autorizações e mediar a tomada de decisão.

A garantia dos direitos de propriedade está pautada em instituições firmadas para assegurar e reconhecer tal garantia (RIBOT; PELUSO, 2003) e, no Brasil, a administração de terras é gerida por um conjunto de organizações. Reydon, Fernandes e Telles (2015) apontam que a administração está dividida da seguinte forma: a) Governo federal: apresenta propostas para mudanças na legislação e instituições, como a criação Unidades de Conservação (UCs) e Terras Indígenas (TI), após aprovação do Congresso; b) Governo do estado: após aprovação pela Câmara dos deputados pode criar UCs e Terras Quilombolas; c) INCRA: tem a responsabilidade de criar e notificar o registro nacional de propriedade individual, determinar terras devolutas e registrar imobiliárias com base no cadastro do proprietário de terra; d) Instituto de terras do Estado: gestão de terras públicas; e) Sistema Notarial: subordinado ao Ministério da Justiça, controla os contratos para aquisição e venda de propriedade e fornece assinaturas legais; g) Cartório de Registro de Imóveis: também subordinado ao Ministério da Justiça, mantém os livros de registro de todas as transações urbanas e rurais. As vendas de terras são registradas no cartório em um documento que inclui a cadeia dominial da propriedade (ALSTON; LIBECAP; SCHNEIDER, 1996); h) No nível municipal, a Câmara Municipal define o plano de desenvolvimento municipal. A Prefeitura mantém o cadastro das terras urbanas (principalmente para taxaço) e define os critérios para o uso urbano do solo; i) Secretaria de Patrimônio da União (SPU): responsável por todas as propriedades no país e pela transferência destas

para o INCRA para registro.

Estas instituições buscam reconhecer a titularidade da propriedade, mas é importante salientar que somente o título pode não trazer garantias. As divergências entre as responsabilidades e informações presentes nas instituições que regulam os direitos de propriedade no Brasil, e a possibilidade de usucapião em imóveis rurais, estabelecida na Constituição Federal, têm tornado difícil o mapeamento das áreas e a identificação de sobreposições e proprietários (REYDON; FERNANDES; TELLES, 2015).

As dificuldades institucionais e as barreiras identificadas para garantia dos DP devem ser consideradas no estabelecimento da governança e de iniciativas que envolvam a propriedade de terra e a eficácia na gestão dos recursos naturais. Isto porque tais iniciativas podem de alguma forma ser comprometidas, por conta das incertezas associadas ao ambiente institucional e às complexidades do regime da propriedade no Brasil. Dessa forma, é essencial para um programa de REDD+ que os direitos de uso da terra e dos recursos naturais sejam considerados.

### **3 | DIREITOS DE PROPRIEDADES NO REDD+**

O mecanismo de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+) é um instrumento econômico para prover incentivos financeiros por resultados no combate ao desmatamento e à degradação e na promoção do aumento da cobertura florestal.

Os instrumentos mais tradicionais e frequentemente utilizados de política ambiental são ainda aqueles relacionados à regulação direta, também conhecida como comando e controle (COMMON; STAGL, 2005; DALY; FARLEY, 2004; MERICCO, 2002). Estes instrumentos buscam obrigar os agentes econômicos a alterar seu comportamento de forma a atingir determinados objetivos ambientais (COMMON; STAGL, 2005), basicamente por meio da aplicação de uma legislação ou regra, o “comando”, e sua posterior fiscalização e monitoramento, isto é, o “controle” (MERICCO, 2002).

Ao mesmo tempo, tem se tornando mais comum a adoção de uma abordagem mista pelos elaboradores de políticas, com o uso de múltiplos instrumentos, incluindo comando e controle e instrumentos econômicos (LUSTOSA; CANEPA; YOUNG, 2003). Estes últimos vêm sendo apontados como complementares ao comando e controle (COMMON; STAGL, 2005) e com potencial para melhorar a alocação dos recursos, gerando soluções mais custo efetivas para o atingimento dos objetivos da política ambiental (CÁNEPA, 2003; MOTTA, 2006). Tais instrumentos permitem que os atores decidam a opção que mais se adequa ao seu contexto: receber incentivo para reduzir seus impactos ou pagar um preço por causá-los.

O REDD+ prevê que os países em desenvolvimento, detentores de florestas, recebam recursos financeiros para reduzir suas emissões de GEE, sendo que as iniciativas podem ser voltadas à conservação dos biomas, produção agrícola e florestal

em bases sustentáveis e ações de recuperação de áreas degradadas (SOUZA, 2013). Apesar de o mecanismo estar em diferentes estágios de implantação no âmbito internacional, no Brasil há diversas experiências consideradas como piloto em execução. Como exemplo, Salles, Paiva e Paulino (2017) identificaram 89 iniciativas de REDD+ aprovadas recentemente no Brasil, sendo que a maior parte destas foi financiada via fundo público (83%) e o restante pelo mercado.

A implementação e continuidade do REDD+, no entanto, estão diretamente relacionadas à área em que serão desenvolvidas e/ou monitoradas as ações. Por se tratar de um mecanismo que envolve a absorção de CO<sub>2</sub> por florestas, é imprescindível que a área da iniciativa seja previamente definida e esteja adequadamente demarcada, de forma a oferecer melhores garantias de continuidade e de atingimento dos compromissos (PALMER, 2011), tanto na perspectiva do projeto, quanto das metas nacionais.

Analisando REDD+ no Brasil sob a perspectiva dos direitos de propriedade, os problemas identificados são similares aos de outros países em desenvolvimento. Os direitos de propriedade não são claros, há inconsistências na interpretação legal e na implementação de regulamentações e faltam recursos e pessoas nas instituições responsáveis para a regularização em tempo adequado, sendo que há extensas áreas reivindicadas por posseiros. As áreas indígenas que não estão reconhecidas ou estão em processo de reconhecimento são alvo de pressão por posse e extração de recursos, (LARSON et al., 2013) e mesmo as terras reconhecidas legalmente estão sujeitas a pressão de invasores que infringem o direito de uso exclusivo dos recursos pelos indígenas (MAY; MILLIKAN; GEBARA, 2011).

Além dos direitos de propriedade também estão associadas ao REDD+ questões do 'direito de carbono'. Nestas iniciativas são transacionadas toneladas de carbono convertidas em biomassa, expressas em toneladas de CO<sub>2</sub>, advindas de iniciativas como manejo e conservação florestal, reflorestamento e emissões evitadas. Os benefícios destas transações, expressos na forma de pagamento ou outros tipos de compensação, podem ser considerados como 'direito de carbono', que não necessariamente estão relacionados com a posse formal da propriedade (KNOX et al., 2013).

A comprovação de propriedade da terra pode conferir, de maneira direta, propriedade sobre carbono florestal. Para isso, há que se levar em conta os regimes de propriedade existentes (vide quadro 1) e as respectivas variações da titularidade (CGE/IPAM/SAE, 2012). No caso de terras públicas não habitadas, a titularidade recai sobre o poder público. Já no caso de territórios cuja proteção advenha da criação de áreas protegidas ou de reconhecimento de povos da floresta (indígenas, comunidades tradicionais extrativistas e pequenos agricultores) a titularidade pode ser compartilhada com o poder público que auxiliará na proteção e gestão, à exceção das terras indígenas (TIs), na qual os usuários possuem usufruto exclusivo dos recursos naturais (CGE/IPAM/SAE, 2012).

Ainda que a propriedade não esteja regularizada, considera-se que indivíduos ou grupos detêm o direito de propriedade quando possuem o direito de acessar o território, restringir e monitorar as práticas que vêm sendo realizadas na área que emite os créditos (KILL, 2015). No quadro 2 é apresentado o regime da propriedade e os principais desafios e oportunidades para REDD+ e direito de carbono no Brasil.

Regime da propriedade	Implicações para REDD+ e direito de carbono		Oportunidades	
Propriedade privada	Proprietário individual ou familiar; cooperativa/ organização/ ONGs.	Benefícios do REDD+ devem somente ser fornecidos quando o proprietário proteger a área para além dos requisitos legais.	Acesso ao direito envolve procedimentos onerosos que podem excluir população mais pobre que não detém a propriedade privada.	Regularização de áreas em disputa da propriedade privada é uma oportunidade para REDD+.
Propriedade comum	Comunidade tradicional (direito compartilhado).	A propriedade comum e a sua gestão precisam ser fortalecidas nas iniciativas.	Pode ser desmembrado se houver mudança social, econômica e cultural. Reconhecimento legal fraco, podendo haver sobreposição dos limites com outros proprietários.	O fortalecimento e regularização podem ser favoráveis ao REDD+; Benefícios de PSA e/ou produção de atividades conjuntas (ex. ecoturismo).
	Parques Nacionais, Áreas protegidas, etc.		Não está claro se áreas protegidas ou sem uso podem ser consideradas adicionais para REDD+.	Proteção na prática versus na lei podem implicar valor adicional para REDD+.
Propriedade do estado	Reserva indígena	Gestão do retorno financeiro, corrupção e busca por locação; Segurança da terra e direito no uso da floresta (ex. conservação como uso produtivo), restrições de uso comercial (barreiras);	Não está claro para quem os direitos de carbono pertencem, mas a tendência é permanecer com a autoridade da tribo.	REDD+ pode ser crucial para proteger e manter áreas indígenas; Benefícios de PSA e/ou produção de atividades conjuntas (ex. ecoturismo).
	Reserva extrativista (RESEX)	Necessidade de lidar com interesses difusos e disputa dos governos locais e nacional para recebimento das receitas;	Pode haver distribuição dos incentivos através do comitê da RESEX, mas a propriedade pública pode implicar controle governamental.	Coletivo favorável ao REDD+.
	Reserva do desenvolvimento sustentável		Necessita estruturação de administração local para impedir custos transacionais.	Coletivo favorável ao REDD+.
	Assentamento agroextrativista e florestal	Falta de capacidade institucional pode ser um grande desafio.	Não está claro para quem os direitos de carbono pertencem.	PSA para assentados individuais viabiliza assentamentos e valoriza florestas remanescentes
	Concessão privada		Lei de florestas públicas exclui comercialização de serviços de carbono.	Permanência de longo prazo e redução da degradação é importante para REDD+.

Quadro 2. Regime da propriedade, implicações e oportunidades para REDD+ e direito de carbono

Fonte: Adaptado de Cotula e Mayers (2009) e Corbera et al. (2011).



Independente do regime da propriedade há desafios e oportunidades em relação aos direitos de propriedade para que os projetos de REDD+ gerem os benefícios esperados: fixação do carbono e a distribuição justa dos benefícios provenientes da terra. Somente a titularidade não garante a distribuição de tais benefícios, pois é preciso que o(s) detentor(es) do direito tenha conhecimento acerca dos mecanismos e procedimentos para recebimento do retorno financeiro, como conhecimento técnico das etapas e contrapartidas, idioma e linguagem técnica, assim como conhecimento sobre as instâncias para elaboração e aprovação e atores envolvidos (FORSYTH; SIKOR, 2013).

Já o sucesso dos esforços de regularização dependerá da legitimidade dos processos de resolução de conflitos, da negociação de limites e da documentação legal de posse para que vizinhos e invasores possam respeitar os limites do entorno, e que os proprietários possam reforçar o direito de exclusão (DUCHELLE et al., 2014). Dessa forma, entende-se que o direito de propriedade não é somente uma questão de regularização, mas sim uma análise de quais interesses estão sendo atendidos, quem se beneficia e como o ambiente se transforma no processo (ASIYANBI, 2016).

Para a implantação do REDD+ em nível nacional, são levantados desafios da perspectiva da governança que envolvem mudanças na atuação e organização das instituições, tais como a necessidade de lidar com interesses difusos, falta de capacidade, assimetria de informações nas instituições que reconhecem as terras, gestão do retorno financeiro e esclarecimento sobre reconhecimento do direito do carbono, uma vez que o Brasil ainda não possui uma legislação nacional que contemple PSA e direito de carbono.

Além da perspectiva em nível de governança nacional, há iniciativas de REDD+ em nível local e sub-regional, como os projetos que comercializam créditos no mercado voluntário, projetos via fundos multilaterais como o Fundo Amazônia e iniciativas subnacionais, como o Sistema Estadual de Incentivos a Serviços Ambientais do Acre (SISA). O Fundo Amazônia é um catalisador importante das experiências e recursos para REDD+ com 89 projetos apoiados, até o momento, e o recebimento de mais de dois bilhões de reais em doações dos governos da Noruega e Alemanha e da Petrobrás, desde 2009 (BRASIL, 2017). Os recursos do Fundo Amazônia são geridos pelo Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES).

Espera-se que estas iniciativas cumpram de maneira adequada as salvaguardas de REDD+ (ou Salvaguardas de Cancun), definidas em 2010 na COP 16, que abordam o respeito aos direitos de povos indígenas e comunidades tradicionais, a participação plena e efetiva das partes interessadas, a preservação de ecossistemas naturais e a permanência dos resultados de REDD+ alcançados (UNFCCC, 2011). O Brasil ainda não tem um posicionamento claro sobre como serão repartidos os benefícios das iniciativas em nível nacional (ANGELSEN et al., 2013), mas a ENREDD+ apresenta que “a aplicação dos recursos deverá beneficiar de forma equitativa todos os atores envolvidos, inclusive no que se refere a considerações de gênero e à participação dos



povos indígenas, agricultores familiares e comunidades tradicionais” (BRASIL, 2016, p.28).

De modo geral, a discussão do REDD+ na perspectiva dos direitos de propriedade aponta três elementos-chave na implantação do mecanismo: responsabilização, permanência e distribuição de benefícios, detalhados a seguir.

### 3.1 Responsabilização

A responsabilização é uma das incertezas associadas ao REDD+ na perspectiva dos DP. Na ausência de um responsável, tanto pelo projeto quanto pela propriedade, não é possível que haja cobrança no caso de descumprimento dos objetivos estabelecidos na iniciativa, tais como o aumento dos estoques florestais para a comercialização dos créditos de carbono ou atingimento de metas de redução de GEE do país (COTULA; MAYERS, 2009; SOMMERVILLE, 2013; CORBERA et al., 2011).

É importante que todas as iniciativas de REDD+ identifiquem o detentor do título da propriedade, detalhando o regime da propriedade (privada, pública, uso comum) e apresentem o detentor do direito de carbono, clarificando no caso deste ser diferente do proprietário. Esse tipo de transparência nas iniciativas irá reforçar a contabilização, monitoramento e cumprimento dos objetivos propostos (SOMMERVILLE, 2013).

Na perspectiva da governança, o reconhecimento, no caso de direitos consuetudinários, e a regularização das áreas, em que há reivindicações e/ou falta de clareza sobre a propriedade, são imprescindíveis para a responsabilização (ANGELSEN et al., 2013) e devem ser considerados *a priori*, ou seja, no momento do planejamento das iniciativas (COTULA; MAYERS, 2009).

Do ponto de vista do proponente do projeto e/ou investidor, o mapeamento de conflitos na região em que será definido o projeto, e a análise da cadeia dominial na propriedade, são ferramentas que podem auxiliar na identificação de sobreposição de terras, disputas e risco de conflitos. Essa análise é pertinente tanto para a propriedade privada, quanto para regimes de propriedade comum e pública.

### 3.2 Permanência

A permanência diz respeito à continuidade das iniciativas de REDD+ no longo prazo. Este elemento é importante na perspectiva do financiador e do atingimento de metas, uma vez que os estoques florestais são recursos de longo prazo e devem ser monitorados ao longo dos anos. Assim como no elemento Responsabilização, a permanência também está associada ao sistema de propriedade e à titularidade do proprietário e do crédito de carbono. Caso a titularidade da propriedade esteja associada ao carbono, a responsabilidade pelo cumprimento do projeto fica ligada ao título da propriedade, e a sua transferência promove a permanência no longo prazo e a responsabilização do novo proprietário (KNOX et al., 2011).

Neste sentido, é necessário levar em conta que o proprietário da terra e o detentor

dos direitos de propriedade podem divergir, como no caso de reservas indígenas e assentamentos da reforma agrária (vide quadro 1). Estas áreas são de propriedade do estado, mas são geridas pelas comunidades, o que pode comprometer questões de distribuição de benefícios (MAY; MILLIKAN; GEBARA, 2011), permanência e responsabilização no caso de vinculação do crédito de carbono ao proprietário.

No caso de sistemas de propriedade em que haja ausência de direitos e/ou incapacidade de exclusão de usuários externos, como no caso das propriedades comuns, é necessária a intervenção de instituições locais/ estaduais ou federais para conceder e/ou fazer cumprir os direitos de exclusão (ANGELSEN et al., 2013), assim como proteger as fronteiras e promover a regularização. Podem ser consideradas no REDD+ as seguintes estratégias de permanência: auditoria de terceira parte, certificação, mapeamento de riscos, seguro, *buffer* (estoque de carbono) e responsabilidade compartilhada (PALMER, 2011).

Para resolver a questão do pluralismo legal/ divergência de atuação entre as instituições em nível federal, estadual e local, é necessário o fortalecimento de instituições de governança multinível para a tomada de decisão e contabilização adequada dos créditos de carbono (ANGELSEN et al., 2013). Na questão do monitoramento das iniciativas é importante considerar que estratégias como as auditorias de terceira parte, que verificam os estoques florestais, são capazes de trazer maiores garantias na perspectiva da permanência se incluírem em seu escopo a avaliação inicial e recorrente dos projetos em questão. No entanto, a permanência dos projetos depende do arcabouço legal (em termos de reconhecimento da propriedade de terra e do carbono) e da atuação das instituições para sua garantia. Neste sentido, a atuação do estado para estabelecer a governança das instituições, auxiliar na manutenção dos direitos de propriedade existentes e resolução de disputas de terras é fundamental para a continuidade das iniciativas de REDD+.

### 3.3 Distribuição de benefícios

Seguindo as salvaguardas de REDD+, as iniciativas têm promovido, além da manutenção ou aumento dos estoques florestais, benefícios às comunidades dependentes dos recursos florestais. Estes incluem a capacitação para usos adequados dos recursos madeireiros e não-madeireiros como fonte alternativa de renda (ex. Projeto de Carbono Florestal Suruí), programas de educação (ex. projeto REDD+ Manoa), melhorias em infraestrutura e até a regularização da titularidade da propriedade (ex. Projeto de Redução de Emissões de GEE Provenientes do Desmatamento na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma).

A geração de benefícios adicionais do ponto de vista social é imprescindível para a continuidade dos projetos e aceitação entre comunidades locais e tradicionais. Para que haja distribuição justa e equitativa dos benefícios, os projetos devem considerar as comunidades que estão envolvidas na área do projeto desde o seu processo de

elaboração, informando-os sobre os projetos e definindo de forma conjunta a aplicação dos benefícios de acordo com as necessidades locais. O mapeamento e a participação das partes interessadas devem ocorrer nas etapas iniciais de planejamento do projeto, para que sejam identificadas e mapeadas comunidades locais e haja um zoneamento adequado da área do projeto (ANGELSEN et al., 2013).

No caso de áreas que envolvam grandes grupos comunitários, como no caso de terras indígenas e propriedades comuns, a representação democrática é uma questão a se considerar, pois eventuais desacordos entre os grupos podem acarretar na aplicação inadequada dos recursos e até falha na manutenção dos compromissos de manutenção dos estoques florestais (ANGELSEN et al., 2013).

Os envolvidos devem partilhar de um entendimento comum sobre os riscos e benefícios associados, e para isso os projetos devem apresentar: i) Consentimento Livre Prévio Informado (CLPI) de todos os membros da comunidade (e não somente representantes); ii) processos de resolução de conflitos como mecanismos de queixas; iii) medidas adotadas para a decisão sobre destinação dos recursos como audiência pública; iv) estrutura de governança comunitária local e; v) envolvimento da comunidade desde o planejamento do projeto (ANGELSEN et al., 2013; DUCHELLE et al., 2014). Estes instrumentos são essenciais na construção equitativa das iniciativas, prioritariamente nas constituídas em sistemas de propriedade de terras públicas e propriedade comum.

Do ponto de vista da governança, devem ser criados mecanismos de compensação equitativos para REDD+, que possam compensar os indivíduos, ainda que estes não tenham direitos completos e/ou regularizados (ANGELSEN et al., 2013) ou que não sejam os proprietários, mas detêm alguns dos direitos de propriedade como no caso de Reservas Indígenas, Reservas extrativistas (RESEX), Reserva do desenvolvimento sustentável e Assentamento agroextrativista e florestal que são de propriedade do estado.

De modo geral, a distribuição de benefícios de forma equitativa é uma necessidade para a implementação e continuidade das iniciativas, e deve ser estruturada de modo a mapear as comunidades que possuem direitos parciais ou completos e as necessidades locais, para então estabelecer meios de redistribuir os benefícios aos indivíduos que de fato estão contribuindo para a redução das emissões de GEE.

Como detalhado anteriormente, é possível que as iniciativas de REDD+ recebam financiamentos no Brasil via fundos públicos, bilaterais e multilaterais, mercado voluntário e mercado regulado. O financiador dos projetos é um ator importante na definição de critérios que devem ser adotados na perspectiva dos DP para a estruturação e condução do REDD+. No mercado voluntário esse papel é cumprido de forma indireta pelo mercado, por meio dos requisitos das certificações adicionais (como a Aliança para o Clima, Comunidade e Biodiversidade - CCBA). Dessa forma, além de mapear os DP envolvidos nas iniciativas é importante verificar os critérios adotados pelos financiadores em nível nacional e internacional em relação aos

elementos listados anteriormente.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mecanismo de REDD+ foi analisado pela ótica dos direitos de propriedade e de crédito de carbono. Tal abordagem contribuiu para o entendimento do papel do REDD+ para reduzir emissões de GEE e promover distribuição de benefícios.

Em âmbito internacional, o REDD+ tem atraído a atenção de diversos atores como um mecanismo de mitigação das mudanças climáticas e de conservação, ao se propor a recuperar as áreas florestais ou evitar a conversão para outros usos, por meio da compensação financeira dos proprietários. Considerando que o Brasil detém grandes estoques florestais, o mecanismo pode ser considerado como oportunidade para o país na redução de emissões de GEE. No entanto, é necessário levar em conta que há diversos desafios e barreiras, que precisam ser equacionados, em termos de garantia dos direitos de propriedade para a implementação e continuidade das iniciativas. Destaca-se a pluralidade das instituições responsáveis pela regularização da propriedade, existência de disputas de terras e fragilidade do estado no suporte ao cumprimento dos direitos de propriedade como, por exemplo, em Terras Indígenas.

As barreiras envolvem a existência de interesses difusos para recebimento e distribuição dos recursos, incertezas na estrutura de governança das instituições para implementação e monitoramento, falta de conhecimento técnico e de financiamento para REDD+. Já os benefícios das iniciativas envolvem, além da redução de emissões de GEE, a oportunidade de geração de benefícios ambientais e sociais locais, como fomento à cultura e preservação da biodiversidade, produção de atividades conjuntas, regularização da propriedade e maior segurança fundiária por intermédio do apoio para manutenção dos direitos de propriedade.

A questão dos DP, enfatizando a governança e a capacidade das instituições, é central na estruturação e execução de iniciativas de REDD+ e está vinculada a três elementos-chave: responsabilização, permanência e distribuição de benefícios. A responsabilização envolve a transparência no estabelecimento do detentor dos direitos de propriedade e do carbono, a permanência compreende as ações necessárias para a continuidade dos projetos e a distribuição dos benefícios se baseia na equidade e consentimento para geração de benefícios sociais. Os três elementos são interdependentes e devem ser aprofundados de forma conjunta nas iniciativas.

#### REFERÊNCIAS

ALSTON, L. J.; LIBECAP, G. D.; SCHNEIDER, R. **The Determinants and Impact of Property Rights: Land Titles on the Brazilian Frontier.** *The Journal of Law, Economics, Organization*, V12 N1, (1996).

ANGELSEN, A.; BROCKHAUS, M.; SUNDERLIN, W. D.; VERCHOT, L. V. (eds). **Análise de REDD+**:

Desafios e escolhas. CIFOR, Bogor, Indonésia. 2013.

ARAUJO, C. BONJEAN, C.A., COMBES, J-L., MOTEL, P. C., REIS, E. J. **Property rights and deforestation in the Brazilian Amazon**. *Ecological Economics* 68, 2661-2468, 2009.

ASIYANBI, P. A. **A political ecology of REDD+**: Property rights, militarised protectionism and carbonised exclusion in Cross River. *Geoforum* 77, 2016, p. 146–156.

BLUFFSTONE, R.; ROBINSON, E.; GUTHIGA, P. **REDD+ and community-controlled forests in low income countries**: Any hope for a linkage? *Ecological Economics* 87, p. 43-52, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Estratégia Nacional para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal - ENREDD+**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Departamento de Políticas de Combate ao Desmatamento. Brasília: MMA, 2016.

BRASIL. Fundo Amazônia. **Projetos Apoiados**. Julho, 2017. Disponível em: [http://www.fundoamazonia.gov.br/FundoAmazonia/fam/site\\_pt/Esquerdo/Projetos\\_Apoiados/](http://www.fundoamazonia.gov.br/FundoAmazonia/fam/site_pt/Esquerdo/Projetos_Apoiados/). Acesso em 01 de jul 2017.

CÁNEPA, E. **Economia da Poluição**. In: MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. da. *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Elsevier Campus, 2003.

CGE/IPAM/SAE. **REDD no Brasil um enfoque amazônico**: fundamentos, critérios e estruturas institucionais para um regime nacional de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD). 3ª Edição –Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2012.

COMMON, M. S.; STAGL, S. **Ecological economics**: an introduction. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005.

CORBERA, E.; ESTRADA, M.; MAY, P.; NAVARRO, G.; PACHECO, P. **Rights to Land, Forests and Carbon in REDD+**: Insights from Mexico, Brazil and Costa Rica. *Forests*, 2011, 2, p. 301-342.

COTULA, L.; MAYERS, J. **Tenure in REDD+**. Start-point or afterthought? *Natural Resource Issues*, n. 15. International Institute for Environment and Development (IIED). Londres, Reino Unido, 2009.

DALY, H. E.; FARLEY, J. C. **Ecological economics**: principles and applications. Washington: Island Press, 2004.

DUHELLE, A. E.; CROMBERG, M.; GERBARA, M. F.; GUERRA, R.; MELO, T.; LARSON, A.; CRONKLETON, P.; BÖRNER, J.; WUNDER, S.; BAUCH, S.; MAY, P.; SELAYA, G.; SUNDERLIN, W. **Linking Forest Tenure Reform, Environmental Compliance and Incentives**: Lessons from REDD+ Initiatives in the Brazilian Amazon. *World Development*, Vol 55, 2014, p. 53-67.

FEDER, G.; FEENY, D. **Land Tenure and Property Rights**: Theory and Implications for Development Policy. *The World Bank Economic Review*, Vol. 5, No. 1 (Jan., 1991), pp. 135-153

FORSYTH, T.; SIKOR, T. **Forests, development and the globalisation of justice**. *Geographical Journal*, v. 179, n. 2, p. 114-121, Jun 2013.

GLOBAL WITNESS. **On dangerous Ground**. Reino Unido, 2016. Disponível para download em: <https://www.globalwitness.org/en/reports/dangerous-ground/>. Acesso em: 03 abr. 2017.

HAMRICK, K; GOLDSTEIN, A. **Raising Ambition**: State of the Forest Carbon Markets 2016.

Washington, DC: Forest Trends, Ecosystem Marketplace, 2016. Disponível em: <[http://forest-trends.org/releases/p/raising\\_ambition](http://forest-trends.org/releases/p/raising_ambition)>. Acesso em: 21 abr. 2017.

HARDIN, G. **Tragedy of Commons**. Science, v. 162, n. 3859, p. 1243–8, 1968.

IPCC. **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Universidade de Cambridge, Cambridge, Reino Unido e Nova Iorque, EUA.

KILL, J. **REDD: Uma Coleção de conflitos, contradições e mentiras**. Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais. Fevereiro, 2015.

LARSON, A. M. et al. **Land tenure and REDD plus: The good, the bad and the ugly**. Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions, v. 23, n. 3, p. 678-689, Jun 2013.

LEDERER, M. **From CDM to REDD+**: What do we know for setting up effective and legitimate carbon governance? Ecological Economics 70, 1900-1907, 2011.

LUSTOSA, M. C. J.; CÁNEPA, E. M.; YOUNG, C. E. F. **Política ambiental**. In: MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. da. Economia do meio ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MAY, P.H.; MILLIKAN, B.; GEBARA, M.F. **O contexto de REDD+ no Brasil: Determinantes, atores e instituições**. Publicação ocasional, 62. CIFOR, Bogor, Indonésia, 2011.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Island Press, Washington, Estados Unidos, 2005.

MENDELSON, R. **Property Rights and Tropical Deforestation**. Oxford Economic Papers, v. 46, p. 750-756, 1994.

MERICO, L. F. K. **Introdução à economia ecológica**. Blumenau: Edifurb, 2002.

MOTTA, R. S. D. **Economia ambiental**. 1. ed. Rio de Janeiro, Brasil: FGV Editora, 2006.

OSTROM, E.; HESS, C. **Private and Common Property Rights**. Encyclopedia of Law & Economics. Northampton, EUA, 2007. Disponível em SSRN: <<https://ssrn.com/abstract=1304699>>.

PALMER, C. **Property rights and liability for deforestation under REDD+**: Implications for 'permanence' in policy design. Ecological Economics 70, 571-576, 2011.

RAJÃO, R. **Cotas de reserva ambiental (CRA): viabilidade econômica e potencial do mercado no Brasil**/ Raoni Rajão, Britaldo Silveira Soares Filho, et al. 1. ed. -Belo Horizonte: Ed. IGC/UFMG, 2015. 72 p.

REYDON, B. P.; FERNANDES, V. B.; TELLES, T. S. **Land tenure in Brazil: The question of regulation and governance**. Land Use Policy, 42,2015, P. 509–516.

RIBOT, J. C.; PELUSO, N. L. **A Theory of Access**. Rural Sociology, 68 (2), 2003, pp. 153–181

SALLES, G. P.; SALINAS, D. T. P.; PAULINO, S. R. **How funding sources influences the form of REDD+ Initiatives: the case of market versus public funds in Brazil**. Ecological Economics 139, 2017, p. 91-101.

SCHLAGER, E.; OSTROM, E. **Property-Rights Regimes and Natural Resources: A Conceptual Analysis**. Land Economics, August 1992, 68(3), p. 249-62.



SOMMERVILLE, M. **Land Tenure and REDD+**: Risks to property rights and opportunities for economic growth. USAID Issue Brief. Estados Unidos, 2013.

SOUZA, C. A. **A Construção da Estratégia Brasileira de REDD**: a simplificação do debate na priorização da Amazônia. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo v. XVI, n. 1, p. 99-116, jan.-mar. 2013.

UNFCCC. Report of the Conference of the Parties on its second session. Genebra, 1996. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/cop2/15a01.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

UNFCCC. **Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session**: the Cancun Agreements. Cancun, 2011. Disponível em: <<https://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2017.

## 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**

Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA)  
Criciúma – SC

### **Vitória de Oliveira de Souza**

Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Curso de Psicologia  
Criciúma – SC

### **Mario Ricardo Guadagnin**

Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA)  
Criciúma – SC

### **Leandro Nunes**

Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA)  
Criciúma – SC

**RESUMO:** As mudanças ocasionadas com a revolução industrial, que impactaram significativamente a economia mundial, foram responsáveis por transformar os modos e as relações de produção e impulsionar o consumo, o que levou a práticas insustentáveis de existência, que se refletem intrinsecamente na degradação ambiental e na persistência das desigualdades sociais. No espaço da reciclagem, esses reflexos tornam-se

grandes propulsores da inclusão perversa de catadores(as). Objetivando explorar estes processos de exclusão social vivenciados por estes sujeitos, o presente trabalho trata sobre a problemática da gestão de resíduos sólidos no município de Criciúma, localizado na região sul do Estado de Santa Catarina. Partindo de uma pesquisa qualitativa que vem sendo realizada desde o ano de 2016 em uma cooperativa do município, a fim de compreender quem são os atores envolvidos nestes processos e suas relações de trabalho, evidenciam-se as barreiras encontradas para a gestão eficiente e a inclusão social dos catadores, tendo como marco referencial a Política Nacional de Resíduos Sólidos, implementada pela lei 12.305 de 2010. Neste contexto, o conceito de justiça ambiental torna-se útil para problematizar as consequências advindas das dificuldades de efetivação de políticas públicas, o que contribui para a persistência e o agravamento dos problemas socioambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Precarização do trabalho; cooperativa de catadores(as) de materiais recicláveis; injustiça ambiental; exclusão social

**ABSTRACT:** The changes brought by the industrial revolution, which had a significant impact on the world economy, were responsible for transforming modes and relations of production and boosting consumption, which led

to unsustainable practices of existence and are intrinsically reflected in environmental degradation and persistence inequalities. In the space of recycling, these reflexes become great propellers of the perverse inclusion of collectors of recyclable materials. In order to explore the processes of social exclusion experienced by these subjects, the present work analyses the issue of solid waste management in the municipality of Criciúma, located in the southern region of the State of Santa Catarina. Based on a qualitative research that has been carried out since 2016 in a cooperative of the municipality, in order to understand who are the actors involved in these processes and their working relationships, it is highlighted the barriers found for efficient management and inclusion the National Policy on Solid Waste, implemented by law 12,305 of 2010. In this context, the concept of environmental justice becomes useful to problematize the consequences arising from the difficulties of implementing public policies, which contributes to the persistence and aggravation of socio-environmental problems.

**KEYWORDS:** Precariousness of work; cooperative of collectors of recyclable materials; environmental injustice; social exclusion

## 1 | INTRODUÇÃO

Os catadores de materiais recicláveis estão inseridos em uma complexa rede de relações que conectam atores sociais tanto da esfera produtiva quanto da esfera do consumo. Podemos afirmar que seu trabalho é intersectado por múltiplas dimensões: sociais, políticas, econômicas, culturais e ambientais. A atividade dos catadores de materiais recicláveis está relacionada à produção de resíduos sólidos nas sociedades ocidentais, que reflete importantes transformações ocorridas ao longo dos séculos. Na Idade Média, a maioria dos restos resultantes de atividades humanas estava relacionada ao corpo (como fezes, urina, secreções e o próprio corpo humano em decomposição) e os restos da alimentação (VELLOSO, 2008; RODRIGUES, 1995). O aumento da produção de resíduos sólidos ocorreu principalmente com o desenvolvimento do sistema capitalista após a automatização da produção industrial e o início do processo de urbanização das cidades europeias na segunda metade do século XVIII (DIAS, 2002). A concentração de pessoas nas cidades e as mudanças no modo de consumo da população, que passaram a comprar produtos industrializados, aumentaram crescentemente a produção de resíduos, principalmente nos centros urbanos. Aos poucos, produtos duradouros e reutilizáveis, considerados de boa qualidade até algum tempo atrás, perderam terreno para os descartáveis (GRADVOHL, 2001). Uma preocupação devotada foi isolar, separar e impor um conhecimento particularizado e uma disciplina institucional a tipos diferenciados de coisas e de vida. Afastar os mortos dos vivos, neste contexto, passou a ser uma ação fundamental. Misturar as coisas sem o devido cuidado passou a ser visto como uma fonte extremamente importante de perigo e doença (RODRIGUES, 1995).

O trabalho dos catadores de materiais recicláveis vem sendo visibilizado

mais recentemente por meio de políticas de gestão de resíduos sólidos urbanos e reciclagem. No Brasil, em 2010, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei n.º 12.305 – que prevê a redução na geração de resíduos, por meio do aumento da reciclagem, reutilização dos resíduos sólidos que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Além disso, a PNRS criou metas para a eliminação dos lixões e instituiu a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos (fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos). O objetivo era o de atingir o índice de 20% de reciclagem de resíduos no ano de 2015, metas estabelecidas pelo Plano Nacional sobre Mudança do Clima (BRASÍLIA, 2008).

Nesta lei, considerada um marco regulatório fundamental para instituir uma política de resíduos sólidos, destacam-se duas vertentes. A primeira diz respeito à universalização da prestação dos serviços públicos de resíduos sólidos de forma sustentável, levando em consideração aspectos econômicos, técnicos, sociais e ambientais, com o envolvimento comunitário no exercício de cidadania e controle social. A segunda está voltada à inserção social e produtiva dos catadores nos serviços de coleta seletiva de materiais reutilizáveis e recicláveis.

Há, portanto, um amparo legal instituído nos últimos anos que gera impacto positivo no fortalecimento do modelo associativo de cooperativas e associações de catadores. Além da PNRS, há também outros marcos legais em prol do cooperativismo e do associativismo destes trabalhadores, como a Lei de Saneamento Básico (n.º 11.445/2007), que permite às prefeituras contratarem associações e cooperativas de catadores com dispensa de licitação para o serviço de coleta seletiva; o Decreto Pró-Catador (n.º 7.405/2010), que instituiu o Programa Pró-Catador e denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis integrando e articulando as ações do Governo Federal favoráveis aos trabalhadores da catação; o Decreto 5.940/2006, que instituiu a coleta seletiva em órgãos públicos federais e destinação dos materiais recicláveis às associações e cooperativas de catadores.

As cooperativas de catadores são compreendidas por Medina (2000) como meios para reduzir a pobreza e minimizar os impactos da degradação ambiental. Estes empreendimentos podem oferecer melhores condições de trabalho e renda para seus membros por terem maior possibilidade de inserção no mercado, marcada pela forte atuação de intermediários e pelo monopólio das indústrias que processam materiais recicláveis. O cooperativismo constitui um dos arranjos da economia solidária, que é formada, de acordo com Singer (2000), por aqueles que estão às margens do mercado capitalista, e constitui uma alternativa a este modo de produção econômica. Como contraponto a uma lógica de produção excludente, marcada pela competitividade e busca da lucratividade, a economia solidária propõe relações de trabalho mais igualitárias e pautadas nos princípios de emancipação social e realização pessoal dos

sujeitos (CATTANI, 2003). Além da cooperação entre os membros, a autogestão e a democracia participativa compõem os princípios destes empreendimentos solidários.

No entanto, conforme a crítica de Rodríguez (2002), mesmo com a implementação destes empreendimentos solidários, ainda é mantida a diferença entre, de um lado, os trabalhadores qualificados, e, de outro, os que não possuem qualificação e enfrentam a baixa remuneração e informalidade. De acordo com a literatura acadêmica e o senso comum, os catadores de materiais recicláveis são geralmente associados a grupos socialmente excluídos que realizam a atividade como forma de sobrevivência, e que configuram um quadro de informalidade e precarização do trabalho (BOSI, 2008).

A constituição de cooperativas com catadoras e catadores de materiais recicláveis associados a grupos socialmente excluídos com uma série de restrições quanto à capacidade organizativa expõem a fragilização das condições operacionais, possibilitando o surgimento de falsas cooperativas, as “Coopergatos”. Estas organizações funcionam como as empresas em geral, isto é, possuem estrutura hierárquica em que alguns mandam e todos os demais trabalhadores obedecem, sob pena de serem afastados do trabalho ou demitidos. Utilizam do modelo legal das cooperativas para explorar ainda mais os empregados, precarizando os direitos garantidos pela CLT (Consolidação das Leis do Trabalho). Os trabalhadores nunca são consultados sobre a sociedade e os destinos do negócio (UNISOL BRASIL, 2015).

Neste trabalho, busca-se problematizar a inclusão social dos catadores por meio de dados de uma pesquisa interdisciplinar que vem sendo realizada no município de Criciúma-SC, localizado no sul do Estado de Santa Catarina. Trata-se de um projeto de pesquisa articulado ao projeto de extensão Coleta Seletiva Solidária, que vem sendo realizado desde 2008 por professores e estudantes da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Em um primeiro momento, é descrito o contexto econômico e a situação da coleta seletiva e dos empreendimentos solidários de catadores no município. Em seguida, apresentam-se alguns resultados de uma pesquisa em andamento em um destes empreendimentos, que ajudam a refletir sobre a precariedade do trabalho e a manutenção das desigualdades sociais.

Propõe-se, deste modo, que o conceito de justiça ambiental possa ser utilizado para compreender, além dos riscos e a degradação ambiental atingem, com maior severidade, indivíduos de classes mais desfavorecidas e vulneráveis (MARTINEZ-ALIER, 2006; ACSELRAD; MELLO; BEZERRA, 2009), também abarcar uma problematização sobre as consequências advindas das dificuldades de efetivação de políticas públicas socioambientais, aprovadas nas últimas décadas, o que contribui para a persistência e o agravamento destas desigualdades.

## 2 | CRICIÚMA: DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DEFICIÊNCIAS NA COLETA SELETIVA

O município de Criciúma, localizado na região sul do estado de Santa Catarina possui, de acordo com as estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para o ano de 2015, 206.918 habitantes (IBGE, 2016). O município pertence à região da Associação de Municípios da Região Carbonífera (AMREC).

Já na primeira metade do século XX, Criciúma tornou-se conhecida como “cidade do carvão”. O desenvolvimento econômico acelerado do município ocorreu principalmente após a Segunda Guerra Mundial, com o aumento da extração de carvão voltada para a exportação (NASCIMENTO, 2012). No ano de 1962, o Estado de Santa Catarina chegou a representar 80% da produção de carvão do país. A retração do setor carbonífero ocorreu a partir de 1989, durante o governo Collor, que posteriormente passou a garantir a manutenção do setor, garantindo a compra de uma cota mensal para geração de energia nas usinas termelétricas.

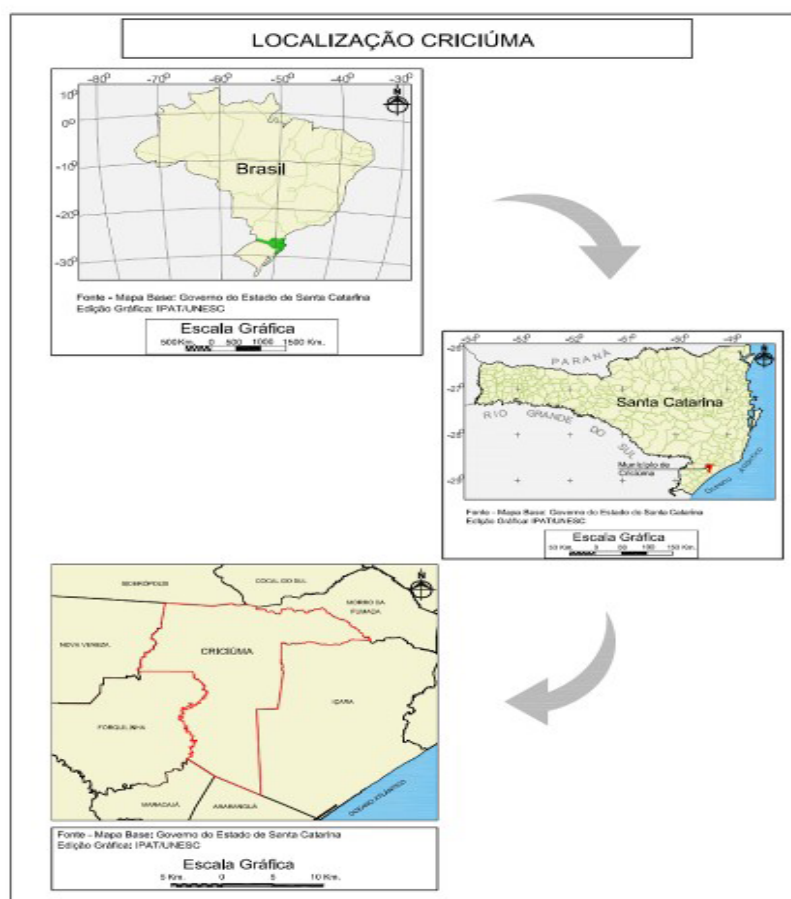


Figura 1 – Localização do município de Criciúma.

Fonte: IPAT/UNESC, 2013.

A partir da década de 1970, o município também passou a se destacar como pólo cerâmico do país, concentrando indústrias deste setor (PREIS, 2012). Dados da última década mostram crescimento expressivo dos setores da construção civil, de



serviços, seguidos pela indústria e comércio de abrangência regional, acompanhado de uma menor representatividade do setor carbonífero ao que se refere à geração de empregos formais (PREIS, 2012).

A atividade carbonífera gerou severos impactos ambientais em Criciúma e região. Estima-se que mais de cinco mil hectares estejam degradados com rejeitos de carvão, que comprometeu a qualidade da água de três bacias hidrográficas (dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão), contaminadas com águas ácidas provenientes das minas de carvão, além da presença de metais, como ferro (SEÇÃO, 2017). Desde 2000, há obras de recuperação destas áreas na região, como resultado de uma Ação Civil Pública que condenou a União e empresas mineradoras pela degradação provocada pela extração de carvão. Por ser uma região bastante industrializada (GOULARTI FILHO, 2002; MONTIBELLER, 2009), também é afetada por outros problemas socioambientais decorrentes destas atividades econômicas, como o esgotamento de recursos naturais e poluição atmosférica (MONTIBELLER, 2009).

Já no ano da aprovação da PNRS (2010), o município de Criciúma deu início à articulação para a implantação da coleta seletiva de resíduos sólidos. Até aquele momento, a coleta seletiva no município era realizada pela Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis (CTMAR) com veículo particular, o que gerava uma alta despesa mensal para sua manutenção. Utilizando as rotas já realizadas pela CTMAR, sem um estudo ou planejamento prévio destas rotas, a Fundação Ambiental de Criciúma (FAMCRI) iniciou a coleta seletiva por meio de serviço terceirizado contratado pelo poder público municipal. A implementação da coleta seletiva em Criciúma fora deficitária e ineficiente, e estes aspectos perduram atualmente.

A Fundação Educacional de Criciúma (UNESC) foi contratada pelo Município de Criciúma, conforme contrato nº 228/PMC/2012, tendo como objeto a elaboração de Estudo de Concepção para Implantação de Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) por meio de coleta seletiva no Município de Criciúma, SC. Neste estudo, ao efetuar a análise de composição gravimétrica de nove rotas de coleta convencional, foram obtidos resultados onde a matéria orgânica, representava 27,92% em relação ao peso total das amostras; seguido do plástico (mole e duro) com 22,99%; do Papel/Papelão (16,53%) (Tabela 1). O estudo de concepção indicava a necessidade da implantação de políticas que visassem à coleta seletiva dos materiais na cidade, pois os resíduos considerados recicláveis oneravam a prefeitura quanto à disposição no aterro sanitário, além destes resíduos possuírem valor agregado, os quais, com auxílio do poder público poderiam ser responsáveis pela maior distribuição de renda para a população, podendo inclusive, ser o responsável pelo sustento de muitas famílias (UNESC/IPAT, 2013).

Com recursos públicos do governo do Estado repassados pela SDS - Secretaria de Desenvolvimento Sustentável para a AMREC, a empresa SC Engenharia e Geotecnologia elaborou o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Criciúma que aponta para a necessidade de inclusão dos catadores de materiais

recicláveis (formais e informais), proporcionando-lhes dignas condições de trabalho, infraestrutura adequada para unidades de triagem, apoio técnico e operacional, discutindo ainda a possibilidade de pagamento por serviços ambientais prestados (CRICIÚMA, 2016, p. 359).

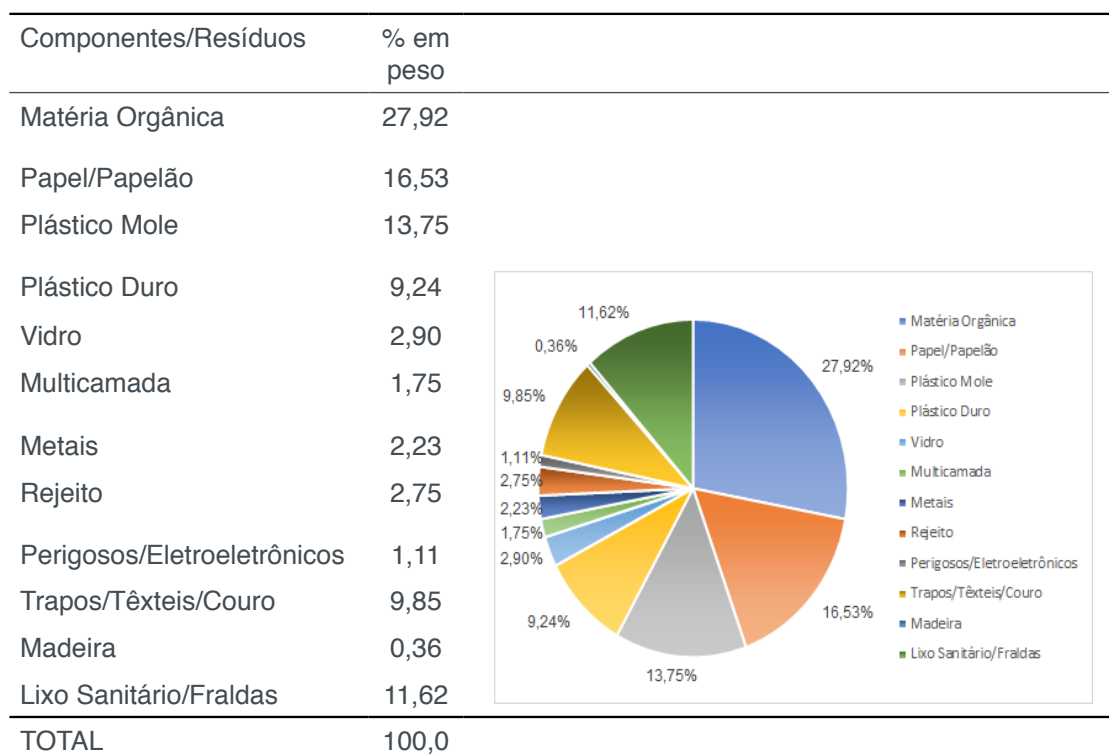


Tabela 1 - Composição média dos RSU gerados em Criciúma julho 2013.

Fonte: UNESCO/IPAT (2013)

No planejamento da gestão de resíduos sólidos, de acordo com Zanta e Ferreira (2003), o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos deve ser integrado com atividades compatíveis com os demais sistemas do saneamento ambiental, compreendendo etapas desde a não geração até a disposição final. Conforme Ribeiro e Amaral (2013, p. 45), “o gerenciamento não envolve apenas questões políticas, mas principalmente questões técnicas e operacionais de planejamento, implantação, execução e monitoramento, fundado em critérios ambientais, sanitários e econômicos.”

O gerenciamento de resíduos sólidos e a disposição ambientalmente adequada de rejeitos envolvem diversos aspectos tais como: mercado, legislação, disponibilidade de aterros, controle de poluição, conscientização e participação da comunidade, além de outros fatores (MARIGA, 2010, p. 50). É de responsabilidade do poder público municipal a gestão dos serviços de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos, compreendendo os resíduos de origem doméstica ou de varrição e limpeza pública (ZANTA et al, 2006) .

De acordo com Bensen (2012, p. 411), a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos representa um momento favorável para romper com antigas lógicas e práticas prevalecentes na área de resíduos sólidos que priorizem a coleta, transporte, tratamento e disposição final de resíduos e construir sistemas de gestão de resíduos

sólidos mais sustentáveis, assim como apoiar a estruturação de uma cadeia produtiva e de valor de reciclagem mais justa com os catadores de materiais recicláveis que estão em sua base. “O principal desafio na gestão dos resíduos é a garantia de uma gestão integrada e sustentável. Isso implica articular as dimensões de sustentabilidade econômica, ambiental, social e institucional” (BESEN, 2014, p. 266).

O município de Criciúma possui um programa oficial de coleta seletiva que recolhe em média apenas 92 t/mês de materiais recicláveis frente a geração média de 4300 t/mês, aproximadamente 140t/dia. Os dados da Tabela 2 são reflexos da necessidade de discussão permanente de melhorias em gestão e gerenciamento de resíduos sólidos com soluções integradas e inclusivas gerando emprego e renda para catadores e catadoras com separação na fonte geradora, efetivação de um bom programa de educação ambiental, mobilização e motivação para a participação da população na gestão compartilhada, coleta seletiva com indicadores de sustentabilidade registrados, regulamentos e regramentos para o trabalho dos catadores autônomos independentes que deveriam estar associados em organizações cooperativas, disciplinamento e regras para intermediários, atravessadores e sucateiros para evitar o mercado cinza da reciclagem. Esta situação pode em determinados casos esconder situações que se assemelham à escravização da força de trabalho em pleno século XXI.

Período	Coleta Domiciliar (t/ Mês)	Coleta Seletiva (t/ mês)	Geração (t/ dia)	Geração per capita (kg/ hab/dia)	Taxa de Desvio (%)
mai/16	4.599,73	29,94	148,38	0,717	0,65
jun/16	3.986,63	95,11	132,89	0,642	2,33
jul/16	4.351,40	102,42	140,37	0,678	2,30
ago/16	5.052,08	99,60	162,97	0,788	1,93
set/16	4.144,37	95,17	138,15	0,668	2,24
out/16	4.018,44	103,89	129,63	0,626	2,52
nov/16	3.865,05	92,16	128,84	0,623	2,33
dez/16	3.950,11	124,22	127,42	0,616	3,05
jan/17	4.111,07	90,94	132,62	0,641	2,16
fev/17	4.022,81	88,17	143,67	0,694	2,14
mar/17	4.624,15	95,99	149,17	0,721	2,03
abr/17	4.812,65	83,16	160,42	0,775	1,70
<b>Média</b>	4.294,87	91,73	141,21	0,682	-

Tabela 2 - Geração de Resíduos Sólidos Urbanos em Criciúma – SC - Coleta Convencional e Coleta Seletiva (Maio 2016 - Abril 2017)

Fonte: RAC Saneamento, com cálculos e adaptações dos autores.

Em Criciúma, há dois empreendimentos de catadores(as) de materiais recicláveis: além da cooperativa citada acima, foi criada a Associação Criciumense de Catadores (ACRICA). Ambas encontram-se em situação precária de funcionamento e com problemas de ordem institucional e de gestão ambiental e administrativa. Os empreendimentos também não possuem segurança jurídica ao que se refere a seus

espaços de trabalho. A ACRICA, por exemplo, está alocada junto ao programa de recolhimento de lixo tecnológico e pneus (Ecoponto) do município, e a CTMAR corre o risco de ter seu acordo de comodato do terreno, onde está alocada, encerrado. No entanto, nenhuma ação preventiva e projetos para curto, médio e longo prazo têm sido viabilizados desde a implementação destes empreendimentos.

A CTMAR e a ACRICA não contam com apoio adequado da gestão pública municipal. Acumulam-se externalidades, assim como na época da extração de carvão, porém, com outros horizontes contextuais. Pode-se afirmar que os catadores dos dois empreendimentos solidários partilham de uma situação de inclusão perversa, ou seja, são incluídos deficitariamente, gerando, portanto, um novo ciclo de exclusão social (MIURA; SAWAIA, 2013).

Além dos aspectos estruturais dos empreendimentos, outros aspectos dificultam a efetivação e melhoria da coleta seletiva no município, impedindo a potencialização da inclusão social dos catadores, como a falta de políticas e programas de educação ambiental, que sensibilizem a população para a separação dos materiais recicláveis e reutilizáveis. A ausência destas ações educativas tem, como consequência, a baixa quantidade e qualidade do material recolhido que chega aos empreendimentos solidários de catadores, o que, por sua vez, resulta em um menor ganho para estes trabalhadores. Também há uma falta de controle e acompanhamento adequado de dados sobre resíduos enviados aos empreendimentos de catadores e de rejeito.

Nos meses de maio e junho de 2016, a fragilidade na gestão dos resíduos sólidos e a vulnerabilidade dos empreendimentos de catadores foram evidenciadas com a drástica diminuição e suspensão, por cerca de dois meses, da coleta seletiva no município durante o período de licitação da empresa para realizar este serviço. Neste período, a problemática foi noticiada pela imprensa local, e ocorreu a mobilização dos catadores, por meio de sua participação em audiências públicas na Câmara de Vereadores e pressão exercida sobre a Fundação do Meio Ambiente do município (FAMCRI). A coordenadora da Coleta Seletiva do município, em reportagens divulgadas pela imprensa, chegou a negar que houvera redução da quantidade de material reciclável que eram levados aos empreendimentos.

Nos primeiros meses de 2017, com a posse dos novos prefeitos eleitos nos municípios, também passaram a ser veiculadas notícias sobre a possibilidade de instalação de usinas de incineração de lixo na Região Carbonífera para a geração de energia, o que seria feito pela iniciativa privada. Ainda que nenhuma ação do poder público tenha sido encaminhada para a efetivação destas medidas, estas notícias colocam em questão a necessidade de se ampliar o debate sobre as concepções hegemônicas sobre desenvolvimento sustentável, nas quais a implementação de tecnologias são privilegiadas para a solução dos problemas ambientais (ZHOURI, 2008). Estas medidas também estão pautadas na lógica empresarial, que deixa de compreender a necessidade de inclusão de grupos social e economicamente desfavorecidos, como os catadores.

### 3 | PRECARIEDADE DO TRABALHO E MANUTENÇÃO DAS RELAÇÕES PATRONAIS

A fim de compreender quem são os catadores que fazem parte da cooperativa, e como se dão as relações de trabalho, tem sido realizada uma pesquisa, de natureza qualitativa e exploratória (MINAYO, 2010; PIOVISAN; TEMPORINI, 1995), em um destes empreendimentos, desde fevereiro de 2016. Neste período da pesquisa, foi possível perceber a rotatividade entre os membros da cooperativa. No início da pesquisa, havia 15 catadores trabalhando no empreendimento. Em outros momentos, este número diminuiu para nove. Um destes momentos foi o período de colheita de batatas nos municípios vizinhos a Criciúma, quando algumas das catadoras saíram da cooperativa para trabalhar na colheita. No período de redução e suspensão da coleta seletiva do município, citado anteriormente, o número de trabalhadores também foi reduzido, pois o pagamento fora suspenso devido à falta de material para triagem.

A pesquisa evidenciou que o trabalho na cooperativa apresenta uma divisão sexual do trabalho (KERGOAT, 2003), reproduzindo a dicotomia entre “trabalho leve” e “trabalho pesado”: enquanto as mulheres, em maior número, realizam a triagem dos materiais, os homens fazem a prensagem daquilo que foi separado. Em alguns momentos, na ausência dos homens, as mulheres também trabalham na prensa e, quando necessário, retiram os materiais dos caminhões. Esclarece-se que estas categorias - “trabalho leve” e “trabalho pesado” – são aqui utilizadas entre aspas para serem problematizadas. Os trabalhos executados pelas mulheres e pelos homens são repetitivos e realizados sem condições e equipamentos de segurança, o que torna frequentes as dores no corpo e os problemas de saúde.

Para compreender a trajetória de vida das catadoras e dos catadores do empreendimento, foi utilizado o método de história de vida, definido como “o relato de um narrador sobre sua existência através do tempo, tentando reconstituir os acontecimentos que vivenciou e transmitir a experiência que adquiriu”. Por meio da “narrativa linear e individual dos acontecimentos” que os sujeitos consideram significativos, podem ser delineadas “as relações com os membros de seu grupo, de sua profissão, de sua camada social, de sua sociedade global, que cabe ao pesquisador desvendar” (QUEIROZ, 1988, p. 20).

Por meio dos relatos dos sujeitos de pesquisa, foi possível traçar o perfil das catadoras que compõem a maioria dos membros da cooperativa: têm entre 18 e 54 anos (a maioria possui até 35 anos), possuem baixa escolaridade (a maioria não concluiu o Ensino Fundamental), residem em um bairro periférico do município próximo onde está localizada a cooperativa e tornaram-se mães jovens (por volta dos 18 anos). Segundo elas, o trabalho que desempenham na cooperativa é preferível ao trabalho como empregadas domésticas – o que foi apontado por elas como uma alternativa de renda – por proporcionar maior autonomia na gestão do tempo, principalmente para se dedicar ao cuidado dos filhos, enteados, netos e maridos, como podem ser percebidos

nos relatos abaixo:

O máximo que eu consigo ficar [na cooperativa] é seis meses... por causa das crianças, né? Eles param muito aqui do que em casa, né... aí agora, só esse ano, eu vou terminar e vou parar, daí depois ficar em casa com a menina, porque aí é ruim ficar pagando uma pessoa pra ficar com ela. (F., 27 anos)

Trabalhei só em frigorífico... só na Tramonto, na Agroveneto e na Seara. Já tava trabalhando, né, quando eu vim pedir serviço para o [presidente da cooperativa]. Tava na Tramonto, eu só ia sair se ele me desse aqui, né, porque assim tava ruim... Naquele tempo, a menina era muito novinha e ela mamava... daí lá era muito frio, e meu leite escorria... e eu saía de madrugada e deixava ela com meu marido pra levar pra creche... Daí tinha muito tempo de encher os seios, porque ficava das 3 até as 5 horas sem dar mama pra ela... Era muito, muito ruim... (P., 27 anos).

A maioria dos sujeitos, no entanto, revelou o desejo de possuir um “emprego fichado”, por este proporcionar direitos trabalhistas, como férias, seguro-desemprego e, principalmente, aposentadoria. Durante o trabalho de campo, foi constatado que é frequente que as mulheres falem a alguns dias de trabalho, o que é justificado pela necessidade de cuidado de algum membro da família. Isso implica uma redução de seus ganhos financeiros, já que os membros da cooperativa recebem por dia trabalhado. De acordo com o presidente da cooperativa, as catadoras e os catadores recebem R\$ 45,00 (quarenta e cinco reais) por dia trabalhado, o que implica uma rotina de trabalho das sete horas da manhã às cinco horas da tarde, com pausa para o almoço. Este contexto de flexibilização do trabalho, como aponta Castells (2005), torna os trabalhadores mais dependentes das negociações individuais com seus patrões, já que sua proteção institucional é reduzida.

Por meio da definição deste perfil das catadoras, caracteriza-se o cenário da precarização do trabalho, marcado pela ausência de proteção e direitos sociais, baixos níveis de qualificação e redução das horas trabalhadas (HIRATA, 2009), o que apresenta, como consequências, uma renda reduzida a estas trabalhadoras. Estudos evidenciam como esta precarização apresenta, além de inflexões de classe social, tornando mais vulneráveis as classes mais pobres, também recortes de gênero, já que o ingresso da mulher no mercado de trabalho representa uma estratégia do capital para o barateamento da força de trabalho, na qual elas, num contexto de desemprego, passam muitas vezes a ter também a função de provedoras das famílias (WIRTH, 2010).

Durante as entrevistas, os trabalhadores também foram questionados o que entendem por cooperativa. A maioria dos sujeitos da pesquisa apresentou uma resposta homogênea, destacando a cooperação entre os membros:

De cooperar uma com a outra, isso é uma cooperativa, pra mim é isso, significado é isso. (C., 33 anos)

É todo mundo né, porque não é só um, cooperativa pra mim é todo mundo junto né, fazendo tudo junto. (F., 27 anos)



Cooperativa é sei lá, trabalhar, se unir com as parceiras, cooperativa é um bem de eu ter meu ganho das gurias terem o ganho delas, é isso que eu vejo de uma cooperativa, acho que é isso. (D., 29 anos)

Ah, cooperativa eu acho que é uma coisa assim que a gente tem que estar ali nas boas, nas dificuldades, a gente tem que estar sempre ali, a gente tem que estar em união. Trabalhar a gente tem que trabalhar em todo lugar, então cooperativa nos temos que estar ali cooperando em tudo... mandou fazer lá tu vai, mandou fazer aqui tu faz, tudo que te mandar que a encarregada e o dono manda, tu tem que fazer, eu acho, pelo menos o que se passa na minha cabeça é isso, não sei se é né, mas pra mim é. (T., 50 anos)

Destaca-se, na última fala descrita, além da cooperação, citada também nas falas anteriores, a reprodução das relações patronais, destacadas nas palavras “encarregada” e “dono”, e das relações de poder expressas no ato de “mandar”. Percebe-se, neste sentido, que a cooperação surge como um valor nas relações de trabalho, como a ajuda mútua, mas não como um princípio que supera as assimetrias e hierarquias de poder, como a gestão democrática (SINGER, 2000). Apenas uma das trabalhadoras mencionou as diferenças entre as cooperativas e outros arranjos que seguem a lógica patronal, destacando, em sua fala, que a cooperativa “não tem dono”.

Cooperativa, pra mim assim... aqui é uma cooperativa, ninguém é dono, nós somos tudo cooperados, não tem? Daí aqui não tem um dono que manda em ti, manda em mim, nós trabalhamos tudo junto num bolo só ali... é uma fábrica que não tem dono. Pra mim, é isso aí, cooperativa, é o cooperado, são tudo junto. (P., 27 anos)

Esta catadora também demonstrou a preocupação com a falta de direitos trabalhistas, o que a impedirá, no futuro de se aposentar.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As questões apontadas no trabalho desvelam as desigualdades e violações existentes no município de Criciúma, dado que os trabalhadores de base acabam por compor a parte mais frágil e afetada pela ingerência e negligência municipal, pois o processo da catação evidencia a exclusão social e conduz ao sofrimento ético-político (MIURA; SAWAIA, 2013). Ao pensar a trajetória dos e das trabalhadoras deste espaço, é possível verificar a similitude em que as assimetrias se sobrepõe, na falta de acesso à educação, como propulsor da desqualificação e, por conseguinte, à exclusão do campo de trabalho formal, às condições de moradia e às dificuldades de acesso aos direitos básicos e ainda, a questão da maternidade nas mulheres pesquisadas, cabendo assim, questionar quem são estes sujeitos e quais suas experiências na sociedade, que se revelam marcadas pelas relações de classe e gênero, refletindo também quais suas táticas de resistência frente às desigualdades postas. Portanto, os aspectos que circundam o lócus da reciclagem desenham um cenário estratificado socialmente e que engendram a invisibilidade da categoria.

A falta de efetivação das políticas públicas em consonância com a omissão do município, leva à ineficiência da coleta seletiva e à exclusão e marginalização dos e

das catadoras, que são os principais responsáveis pela reciclagem, ainda embrionária, existente na cidade. As questões do campo político impossibilitam progressos significativos neste cenário. A luta acompanha o município há anos e vem sendo secundarizada pelas gestões, impedindo avanços tanto no que diz respeito a cidade, a fim de proporcionar um serviço adequado de destinação dos resíduos, quanto na perspectiva da reciclagem. Buscando respaldo na PNRS e na Política Nacional de Economia Solidária, torna-se necessário incitar a discussão e promover reflexões nas práticas existentes, buscando a consolidação de novas práticas, que contribuam na promoção de cidadania e consequente superação da injustiça ambiental.

O município de Criciúma já possui um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e um Estudo de Concepção para implantação de Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos com foco específico em coleta seletiva. Os trabalhos e estudos técnicos, tanto do plano de gestão integrada, como da concepção do sistema de coleta seletiva, mostram como o município deve lidar com os resíduos sólidos, considerando questões sociais, econômicas, ambientais, culturais e políticas.

Estas reflexões podem contribuir para que Criciúma passe da opulência de “Leônia” para desenvolver as duas principais virtudes de “Ândria”: “a confiança em si mesmos e a prudência. Convictos de que cada inovação na cidade influi no desenho do céu, antes de qualquer decisão calculam os riscos e as vantagens para eles e para o resto da cidade e dos mundos”, seguindo as representações das cidades de Ítalo Calvino (2004, p. 134). Para isso, é necessário que Criciúma comece a “incorporar os múltiplos olhares e as múltiplas falas dos atores da sociedade civil, do setor público e do setor privado num esforço conjugado de reflexão e ação para a concretização de novos mundos possíveis” (DIAS, 2005). Deste modo, pode-se construir “um mundo que torne visíveis outros tipos de cidades. Cidades, onde os princípios da solidariedade e da prudência sócio-ambiental sejam o dínamo re-alimentador do movimento da vida” (DIAS, 2005).

## REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H.; MELLO, C. C.A.; BEZERRA, G. N. **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

BENSEN, G. R. A Questão da Coleta Seletiva Formal. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. (Orgs.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Barueri - SP: Manole, p. 389 – 474, 2012. (Coleção Ambiental).

BENSEN, G. R. Coleta Seletiva e organizações de catadores de materiais recicláveis. In: TONETO JÚNIOR, Rudinei; SAIANI, Carlos; DOURADO, Juscelino. (Org). **Resíduos Sólidos no Brasil**. Baureri - SP: Manole, 2014. p.240 – 277.

BOSI, A. P. A Organização Capitalista do Trabalho “Informal”: o caso dos catadores de recicláveis. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v.23, n. 67, p. 72-85, jun. 2008.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 04 jun. 2017.

BRASÍLIA. COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. . **Plano Nacional sobre Mudança no Clima**. Brasília: Governo Federal, 2008. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq\\_climaticas/\\_arquivos/plano\\_nacional\\_mudanca\\_clima.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 2017.

CALVINO, I. **As cidades invisíveis**. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede: A era da informação**. v. 1, 6 ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2005.

CRICIÚMA. PREFEITURA MUNICIPAL. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Criciúma. PMGIRS. Meta 2 - Diagnóstico dos Resíduos Sólidos**. SC Engenharia e Geotecnologia/AMREC. 381 f. 2016. Disponível em <[http://pmgirscriciuma.com.br/download/Produtos%20Entregues/META\\_2\\_Diagnostico\\_PMGIRS\\_Criciuma.pdf](http://pmgirscriciuma.com.br/download/Produtos%20Entregues/META_2_Diagnostico_PMGIRS_Criciuma.pdf)> Acesso em: 04 jun. 2017.

DIAS, G.F. **Pegada ecológica e sustentabilidade humana**. São Paulo: Editora Gaia, 2002.

DIAS, S.M. Prudência ecológica. In: **Revista do Legislativo**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, n. 39, p. 86-91, jan/dez. 2005.

GRADVOHL, A. **Reciclando o lixo**. Fortaleza: Editora Verdes Mares, 2001.

GOULARTI FILHO, A. **Formação econômica de Santa Catarina**. Florianópolis: Cidade Futura, 2002.

HIRATA, H. Precarização e divisão internacional e sexual do trabalho. **Sociologias**, Porto Alegre, n. 11, v. 21, jan./jun. 2009. p. 24-41.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Informações sobre os municípios brasileiros. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=420460>. Acesso em: 20 jul. 2016.

KERGOAT, D. Divisão sexual do trabalho e relações sociais de sexo. In. EMÍLIO, Marli, et all (org.). **Trabalho e Cidadania Ativa para as Mulheres**. Prefeitura Municipal de São Paulo, 2003. p. 55-64.

MARIGA, J. T. **Desenvolvimento, implementação e avaliação de um programa de aprendizagem ambiental para condomínios residenciais**: enfoque em resíduos sólidos. Cascavel: EDUNIOESTE, 2010. 110 p.

MARTINEZ ALIER, J. **O ecologismo dos pobres**: conflitos ambientais e linguagens de valoração. São Paulo: Contexto, 2006.

MEDINA, M. Scavenger cooperatives in Asia and Latin America. 2000. Disponível em: <[http://www.wiego.org/WIEGO\\_En\\_Espanol/publicaciones/FactSheet-Rec-Spanish.pdf](http://www.wiego.org/WIEGO_En_Espanol/publicaciones/FactSheet-Rec-Spanish.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 2017.

MINAYO, M. C. de S. (Org.). **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 29. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

MIURA, P. O.; SAWAIA, B. B.. Tornar-se Catador: sofrimento ético-político e potência de ação. **Psicologia & Sociedade**, Belo Horizonte, v. 25, n. 2, 2013. p. 331-341.

MONTIBELLER-FILHO, G. Análise econômica do empobrecimento socioambiental da região carbonífera do estado de Santa Catarina. In: MILIOLI, G; SANTOS, R. dos; CITADINI-ZANETTE, V.

**Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina:** uma abordagem interdisciplinar. Curitiba: Juruá, 2009. p. 227-237.

NASCIMENTO, D. **Faces da Urbe:** Processos identitários e transformações urbanas em Criciúma/SC (1945-1980). São Luiz: Café & Lápis; Criciúma: EDIUNESC, 2012.

PIOVESAN, A.; TEMPORINI, E. R. Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. **Rev. Saúde Pública**, 29(4): 318-25, 1995.

PREIS, E. Plano diretor participativo de Criciúma / SC: Uma década de conflitos. 2012. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

QUEIROZ, M. I. P. de. Relatos orais: do “indivizível” ao “dizível”. In: SIMPSON, O. de M. V. (Org.). **Experimentos com histórias de vida (Itália-Brasil)**. São Paulo: Vértice, 1988. p. 14-43.

RIBEIRO, J. C. J.; AMARAL, C. H. C. Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos. In.: COSTA, B. S.; RIBEIRO, J. C. J. (Orgs.) **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos - Direitos e Deveres**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2013. p. 39-56.

RODRIGUES, J. C. **Higiene e ilusão:** o lixo como invento social. Rio de Janeiro: ed. Nau, 1995. 111 p.

RODRIGUÉZ, C. A procura de alternativas econômicas em tempos de globalização: o caso das cooperativas de recicladores de lixo na Colômbia. In. SANTOS, Boaventura de Sousa (org.). **Produzir para viver:** os caminhos da produção não capitalista. Rio de Janeiro. Civilização Brasileira, 2002. p. 329-364.

SEÇÃO JUDICIÁRIA DE SANTA CATARINA. PROCURADORIA DA REPÚBLICA EM SANTA CATARINA. **Portal da Ação Civil Pública do Carvão**. Disponível em: <<https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/index.php>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

SINGER, P. S. **A Economia Solidária no Brasil:** a autogestão como resposta ao desemprego. São Paulo: Contexto, 2000.

UNISOL BRASIL **O que é o falso cooperativismo?** São Paulo: UNISOL Brasil (Central de Cooperativas e Empreendimentos Solidários) Disponível em <<http://www.unisolbrasil.org.br/o-que-e-falso-cooperativismo>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC/INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS – UNESC/IPAT **Estudo de Concepção para implantação de Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos** Produto 1 = Diagnóstico da situação atual relativa ao sistema existente e aspectos socioeconômicos. Criciúma: UNESC/IPAT, 170 f. Julho 2013.

VELLOSO, M. P. Os restos na história: percepções sobre resíduos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.13, n. 6, p. 1953-1964, 2008.

WIRTH, I. G.. **As relações de gênero em cooperativas populares do segmento da reciclagem:** um caminho para a construção da autogestão?. 2010. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

ZANTA, V. M.; MARINHO, M. J. M. do R.; LANGE, L. C.; PESSIN, N. Resíduos Sólidos, Saúde e Meio Ambiente: Impactos associados aos lixiviados de aterro sanitário. In: CASTILHOS JUNIOR, Armando B. (Coord.). **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água:** prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 1-15

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. In: CASTILHOS JUNIOR, A. B. (Coord.). **Resíduos Sólidos Urbanos:** aterro sustentável para municípios

de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003. p. 1-18

ZHOURI, A. Justiça ambiental, diversidade cultural e accountability. Desafios para a governança ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 23, n.68, p. 97-107, out. 2008.

## PROJEÇÃO FUTURA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA MESORREGIÃO SUL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

### **Gabriela Rodrigues da Costa**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. Brasil (gabirodurigues.ufrrj@gmail.com),

### **Henderson Silva Wanderley**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. Brasil (henderson@ufrj.br)

**RESUMO:** As mudanças climáticas podem propiciar impactos profundos nos processos industriais e nas práticas agrícolas, que dependem de condições de temperatura e disponibilidade de água no solo e na atmosfera, sobre tudo para cidades como Resende, uma das cidades mais promissoras do continente americano. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar mudanças futuras na disponibilidade hídrica para a cidade de Resende, localizada na mesorregião sul do estado do Rio de Janeiro. Para esse fim, foram utilizados dados de precipitação e temperatura do ar disponível no site do INMET para o período de 1993-2015, e projeção de cenário futuro de mudanças climáticas realizada pelo modelo ETA-CPTEC/INPE para o período de 2070-2099. Os dados médios de temperaturas e precipitação dos respectivos períodos foram submetidos ao balanço hídrico climatológico de Thornthwaite. Os resultados mostraram que no período correspondente a 1993-2015 o déficit

hídrico da região foi maior do que na projeção para 2070-2099, seguindo de acordo com a tendência climática, que indica uma diminuição no déficit hídrico e um aumento na ocorrência de chuvas da região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mudanças climáticas, modelo Eta, precipitação, temperatura.

**ABSTRACT:** Climate change can have profound impacts on industrial processes and agricultural practices, which depend on temperature conditions and the availability of water in the soil and in the atmosphere, especially for cities such as Resende, one of the most promising cities in the Americas. The objective of this study was to evaluate future changes in water availability for the city of Resende, located in the southern mesoregion of the state of Rio de Janeiro. For this purpose, precipitation and air temperature data were used on the INMET website for the period 1993-2015, and the projection of the future scenario of climate change carried out by the ETA-CPTEC / INPE model for the period 2070-2099. The mean temperature and precipitation data of the respective periods were submitted to Thornthwaite climatological water balance. The results showed that in the period corresponding to 1993-2015 the water deficit of the region was higher than in the projection for 2070-2099, following according to the climatic tendency, which indicates a decrease in the



water deficit and an increase in the occurrence of rainfall of the region.

**KEYWORDS:** Climatic changes, Eta model, precipitation, temperature.

## 1 | INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas apresentam-se com enorme relevância a nível mundial em função dos seus possíveis impactos, sendo uma das principais áreas de estudo das mais importantes instituições de pesquisa do planeta. Essas mudanças podem causar impactos principalmente em práticas agrícolas e industriais, que dependem de mudanças pequenas na temperatura do ar e disponibilidade hídrica.

A emissão de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera são os principais responsáveis pelas alterações no clima em escala global. Na tentativa de frear as emissões dos GEE, acordo como o de Paris, visa a diminuição dos GEE, possuindo uma meta de reduzir o aquecimento da atmosfera de no máximo 1,5 °C até 2100. Diante desse acordo, o Brasil assumiu o compromisso de cortar suas emissões de GEE em 37% até 2025, como indicativo de redução de 43% até 2030. Essas reduções tem como base os níveis existentes no ano de 2005, o qual foi tomado por base.

A demanda crescente do consumo energético e dos recursos hídricos, necessitam de conhecimentos acerca do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica, principalmente sobre aspectos de precipitação e evapotranspiração, fazem com que o olhar para o futuro seja necessário, principalmente no que se refere a disponibilidade hídrica. Para cidade como Resende, que foi eleita entre as das 10 cidades mais promissoras para investimento estrangeiro nas Américas (FDI, 2015). Assim, a compreensão de possíveis mudança do clima torna-se essencial, principalmente, porque já foi identificada mudança na precipitação para essa região do estado fluminense (Wanderley e Bunhak, 2016).

Para o conhecimento hidrográfico de uma região, que pode ser caracterizado pela deficiência ou excesso hídrico durante o ano, é fundamental comparar estes dois elementos do balanço hídrico, uma vez que a precipitação é a responsável por fornecer umidade para o solo, e a evapotranspiração por consumir a água armazenada no mesmo, ou seja, por diminuir a umidade do solo (Camargo, 1971).

Pereira et al. (2002), afirma que a disponibilidade hídrica de uma região pode ser mensurada pelo balanço hídrico climatológico, ficando assim visível a oscilação no tempo de épocas com excedente e com deficiência hídrica, possibilitando assim, um planejamento viável das atividades agrícolas e o dimensionamento de irrigação e abastecimento urbano e industrial. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar mudanças futuras na disponibilidade hídrica para a cidade de Resende, localizada na mesorregião sul do estado do Rio de Janeiro.

## 2 | MATERIAL E METODOS

Para o desenvolvimento dessa análise foram utilizados dados de temperatura do ar e precipitação para o período atual, compreendidos entre 1993-2015, provenientes de uma estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET (Lat. -22,4°, Long. -44,44°, Alt. 429 m), e futuro, compreendidos entre 2070-2099. A análise foi localizada para o município de Resende, Mesorregião do Sul Fluminense, no estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Para a projeção futura foram utilizadas informações obtidas pelo modelo climático regional ETA\CPTEC, a partir de condições de fronteira do modelo global HadCM3, fornecidas pelo Metoffice Hadley Centre (MOHC) do Reino Unido, onde foi utilizado o cenário de emissões AIB (IPCC, 2007), para realização de suas projeções.

A disponibilidade hídrica foi definida com a utilização do balanço hídrico climatológico definido por Thornthwaite (1948). O balanço hídrico foi calculado para os dois períodos distintos dos dados meteorológicos. Para ambos os períodos foi calculado o balanço hídrico climatológico utilizado CAD de 100 mm, nos cálculo do balanço hídrico. Os dados utilizados no estudos foram submetidos a análise estatística para identificar mudança na média e variância, por meio da utilização do test t de Student e F de Fisher, respectivamente.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram que o período correspondente ao intervalo atual (1993-2015), apresentou total médio de 1550 mm/ano, com temperatura média de 21,6 °C. A distribuição da precipitação teve como característica os maiores índices de precipitação compreendidos de outubro a março, o que corresponde a aproximadamente 81,95% do total de chuvas ocorridas na região (Figura 1).

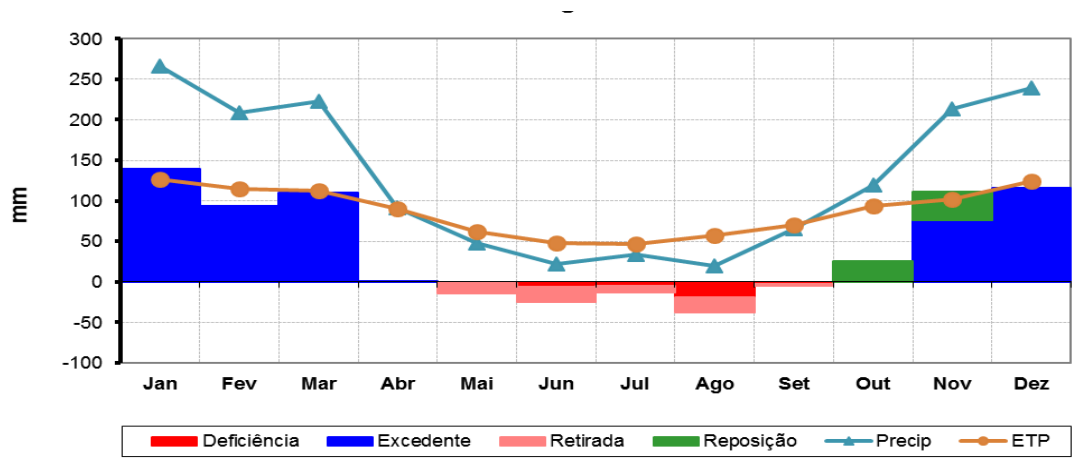


Figura 1. Balanço hídrico climatológico para o intervalo 1993-2015.

O excedente hídrico para o período se mostrou maior nos meses de janeiro a março, onde 85,36% de sua totalidade foram distribuídos ao longo desses meses. A

variação da evapotranspiração (ETP) também se mostrou maior no mesmo intervalo, com 45,30% ocorrendo nessa época do ano, o que pode estar relacionada a altas temperaturas e umidade relativa do ar.

Em relação ao Déficit hídrico, o período em que ocorreu de forma mais acentuada foi nos meses de maio a setembro, e nos meses de julho e agosto os maiores valores para a retirada de água no solo foram registrados, sendo equivalente a 83,41% do total. Em outubro foi observado o início da reposição de água no solo, que se estendeu até novembro, onde a partir deste mês, foi observado o início do excedente hídrico, coincidindo com o aumento do total pluviométrico.

Na projeção futura foi identificado mudança na variabilidade da precipitação e aumento da temperatura do ar, os quais modificaram a disponibilidade hídrica para a região em estudo (Figura 2). A projeção futura para a precipitação não mostrou praticamente diferença no total médio anual, com 1524 mm/ano, mas foi observado aumento na temperatura de 2,3°C °C; embora sem mudança significativa para os testes estatísticos utilizados. Essas mudanças proporcionaram diferenças para os índices analisados, assim como para os intervalos em que os maiores registros foram observados.

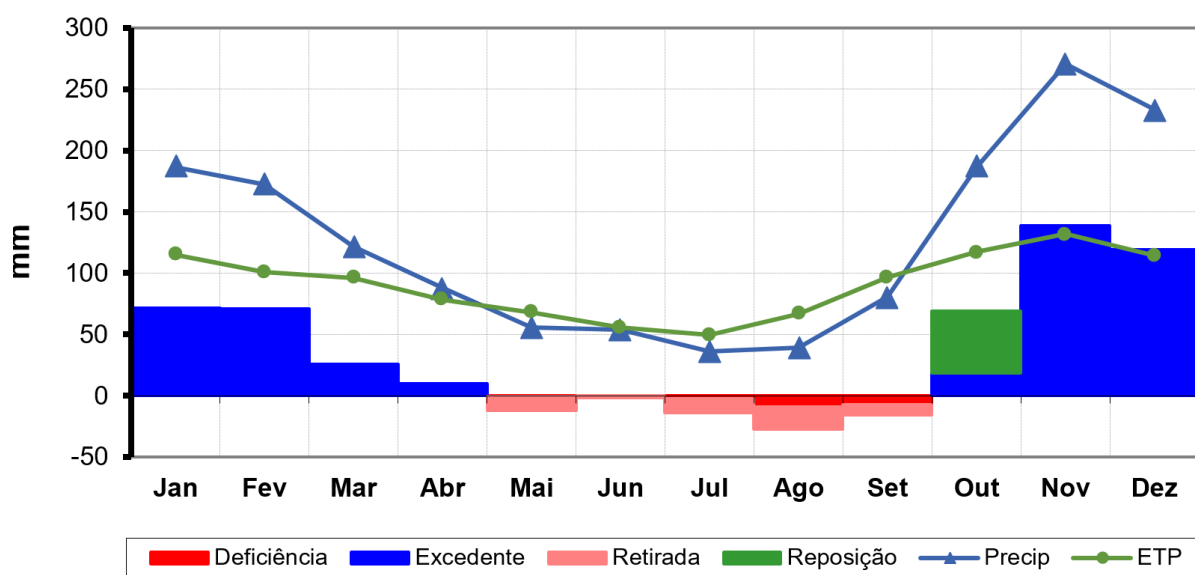


Figura 2. Balanço hídrico climatológico para o intervalo 2070-2099.

Para o futuro foi observado uma variação nos meses com maior precipitação, que agora ficam entre o intervalo de outubro a fevereiro com 57,53% da ocorrência de chuvas, com os maiores totais de outubro a dezembro e redução de janeiro a março. No mês de outubro se tem o início do excedente e reposição hídrica, com os maiores valores em novembro e dezembro, o que corresponde a 58,15% do total, mudando a variabilidade da disponibilidade hídrica.

Também foi observado variação da ETP, no entanto, essa é consequência da mudança observada na precipitação e temperatura do ar. Esses resultados são análogos aos encontrados por Horikoshi, A. S.; Fisch, G. (2007), para Taubaté-SP,

onde foi observado aumento na temperatura do ar e da precipitação entre os meses de outubro a março com o total de 72% anual precipitado.

O déficit de água no solo para Resende ocorreu nos meses de maio e agosto, sendo similar aos encontrados para São Paulo, onde para esta variável o nível crítico ocorreu nos meses de agosto e setembro, mostrando um valor correspondente de retirada de água do solo de 82,98% do total para esses dois meses, enquanto que maio e agosto corresponderam a 100% do déficit total para Taubaté. Em outubro inicia-se a reposição de água e o início do excedente tanto para o estado de São Paulo e Rio de Janeiro.

Essas mudanças indicam uma possível alteração no calendário agrícola para a região de estudo, que poderá fazer um ajuste da produção de acordo com o calendário de chuvas, uma vez que, para a maioria das culturas o planejamento agrícola é realizado em função da disponibilidade hídrica de uma região.

A mudança na variabilidade das chuvas está relacionada ao aumento na temperatura do ar de aproximadamente 10%, ou seja, 2,3 °C, quando comparado o período atual e futuro. Um aumento da ETP também foi observado, passando de uma média de 87,42 mm para 90,86 mm, ou seja, um aumento de aproximadamente 4%, que pode ser relacionado ao aumento da temperatura local.

Em relação à precipitação não foram observadas mudanças relevantes em seu total anual. Essa mudança corresponde a uma diminuição das chuvas equivalente a 2%. As médias de retirada de água do solo e de excedente hídrico também diminuíram, e houve um aumento para o valor médio de ETR.

## 4 | CONCLUSÃO

As projeções climáticas para o clima futuro indicaram mudanças na disponibilidade hídrica para a cidade de Resende-RJ devido ao aumento maior do que 2° C na temperatura do ar. Praticamente não foi observada mudança no total pluviométrico anual, embora a variabilidade das chuvas foi alterada. A mudança na distribuição das chuvas, associada com o aumento da temperatura, causam distúrbio na disponibilidade hídrica mediante mudança na evapotranspiração, excedente e deficiência hídrica.

## 5 | AGRADECIMENTO

Os autores ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao INPE pela disponibilidade dos dados meteorológicos e das simulações do modelo Eta\CEPTEC.

## REFERÊNCIAS

ANGELOCCI L.R.; PEREIRA, A.R.; SENTELHAS P.C., **Meteorologia Agrícola**, USP- Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Exatas,

Piracicaba, SP, Fevereiro de 2007

CAMARGO, A. P. **Balanço hídrico no Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1971. (Boletim Técnico, 116)

FDI – INTELLIGENCE – **AMERICAN CITIES OF THE FUTURE**. American Cities of the Future 2015/16. Disponível em: <https://jundiai.sp.gov.br/noticias/wpcontent/uploads/sites/32/2015/08/American-Cities-of-the-Future-2015.pdf>. Acessado em: 13/08/2018.

HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no Município de Taubaté, SP, Brasil. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 2, n. 2, p. 33-46, 2007.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr.Rev*, v.38, p.55-94, 1948.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p. ROMERA

WANDERLEY, H. S.; BUNHAK, A. C. S. Alteration in precipitation and number of days without rain in the southern region of Rio de Janeiro state. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.09, n.07 (2016) 2341-2353.

## 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).

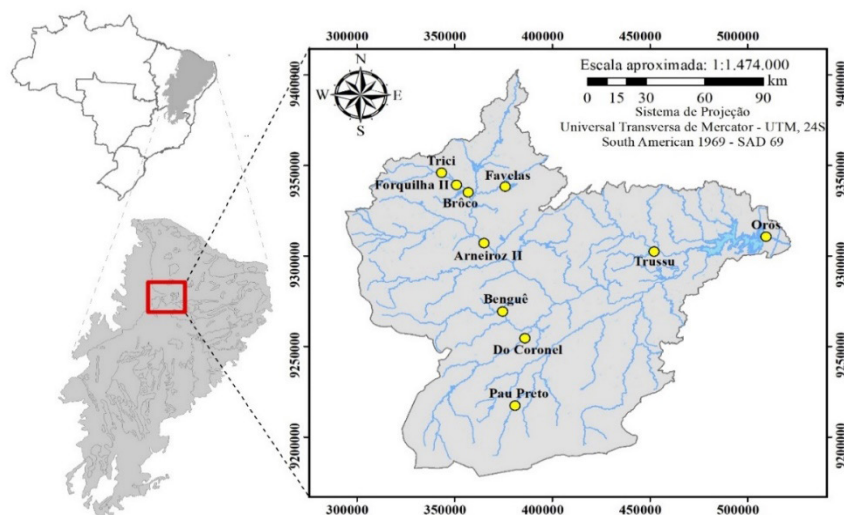


Figura 1 –Localização dos reservatórios na sub-bacia do Alto Jaguaribe, Brasil

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.

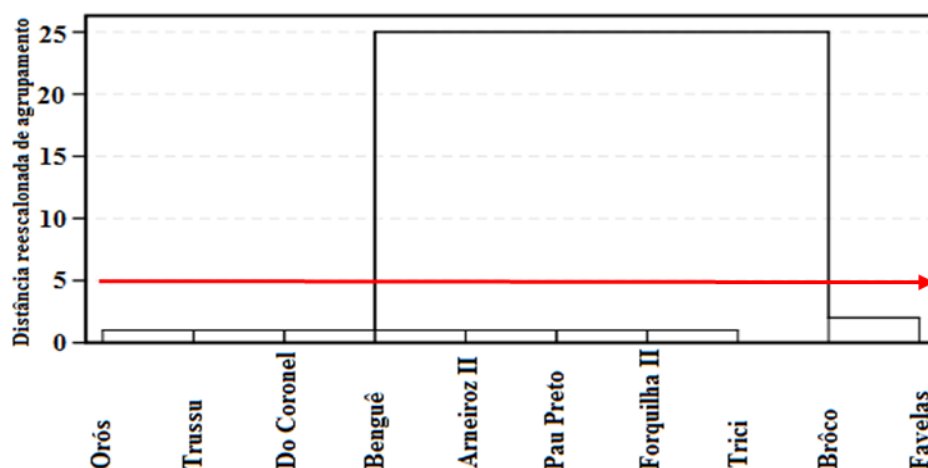


Figura 2 – Dendrograma da AAH quanto à similaridade entre os reservatórios da sub-bacia do Alto Jaguaribe, Ceará, Brasil.

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	$0,200 \leq CE < 0,750$	$1 \leq Cl^- < 4$	$2 \leq Na^+ < 3$	$1 \leq Mg^{+2} < 9$
60 - 85	$0,750 \leq CE < 1,500$	$4 \leq Cl^- < 7$	$3 \leq Na^+ < 6$	$9 \leq Mg^{+2} < 12$
35 - 60	$1,500 \leq CE < 3,000$	$7 \leq Cl^- < 10$	$6 \leq Na^+ < 12$	$12 \leq Mg^{+2} < 15$
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

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).

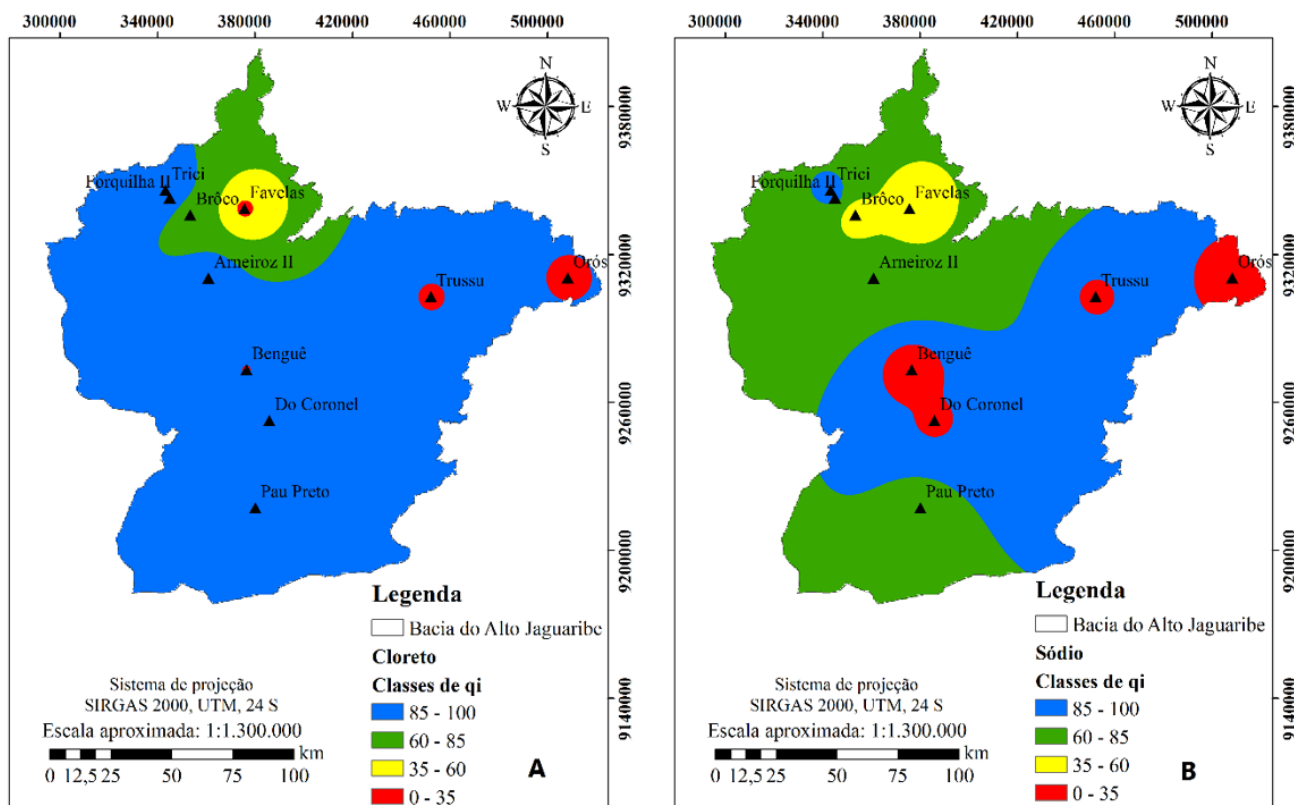


Figura 3: Mapas do  $q_i$  para a bacia do Alto Jaguaribe (A) Cloreto e (B) Sódio

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).

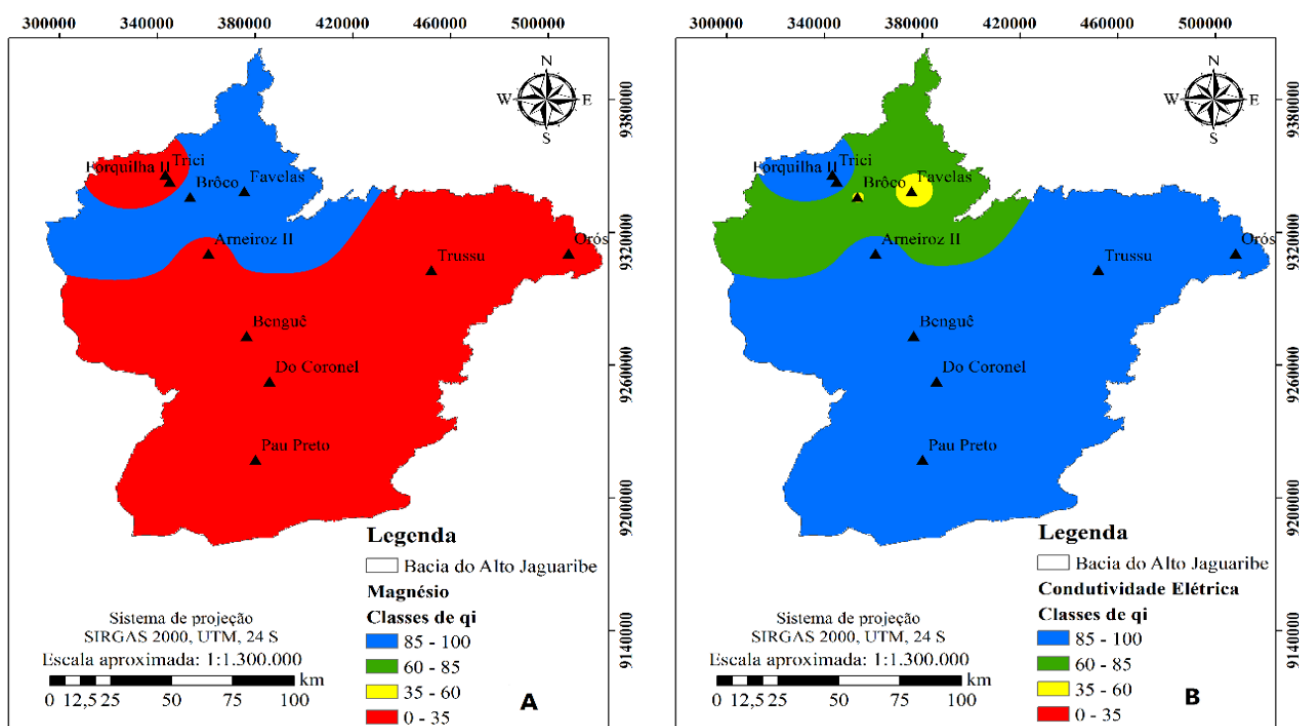


Figura 4: Mapas do q<sub>i</sub> para a bacia do Alto Jaguaribe (A) Magnésio e (B) Condutividade Elétrica (CE).



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.

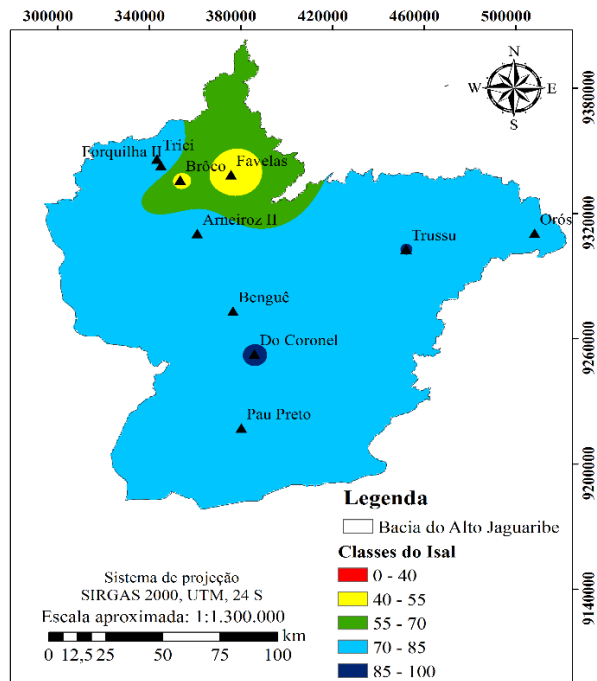


Figura 5: Índice de Salinidade das águas superficiais dos reservatórios da bacia do Alto Jaguaribe enquadrado na classificação da Tabela 1

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.

## “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**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco  
Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco

**Yuri Carlos Tiétre de Araújo**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco  
Igarassu – Pernambuco

**RESUMO:** Estudantes do curso técnico em Qualidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) *campus* Jaboatão dos Guararapes, assim como milhares de outros nesse país, vivem em uma comunidade repleta de conflitos socioambientais. Ao iniciar o curso, entram em contato com disciplinas técnicas, tais como “Introdução a Administração e Gestão Ambiental”. Neste processo de ensino-aprendizagem, alguns deles começaram a analisar criticamente o ambiente que os circunda e trouxeram aos docentes suas inquietações. O estudo da “Qualidade e Meio Ambiente” os fez perceber que os mercados públicos e feiras livres da cidade necessitam de intervenções estruturais, técnicas e em educação. Partindo deste contexto, este capítulo apresentará as reflexões e relatos de experiências que transformaram inquietações de estudantes em projeto de extensão. A pesquisa-ação orientou

as ações deste trabalho que contribuiu para a sensibilização dos comerciantes naquele local, com o dimensionamento da problemática por parte dos estudantes e do amadurecimento do tripé ensino-pesquisa-extensão por parte dos docentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** QUALIDADE, EDUCAÇÃO, MEIO AMBIENTE.

**ABSTRACT:** Students of the technical course on Quality of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Pernambuco (IFPE) *Campus* Jaboatão dos Guararapes, as well as thousands of others in that country, live in a community full of social and environmental conflicts. At the beginning of the course, they come into contact with technical subjects, such as “Introduction to Environmental Management and Management”. In this process of teaching and learning, some of them began to critically analyze the environment that surrounds them and brought to teachers their concerns. The “Quality and Environment” study made them realize that the city’s public markets and free fairs require structural, technical and educational interventions. From this context, this chapter will present the reflections and reports of experiences that have transformed students’ concerns into extension projects. The action research oriented the actions of this work that contributed to the awareness of the merchants

in that place, with the dimensioning of the problematic on the part of the students and the maturation of the teaching-research-extension tripod by the teachers.

**KEY WORDS:** QUALITY, EDUCATION, ENVIRONMENT.

## 1 | INTRODUÇÃO

Como resultado de políticas públicas de combate à pobreza verificou-se, na última década, ampliação do acesso à alimentação em quantidade e qualidade à mesa dos brasileiros. A população menos favorecida tem tido acesso a diversificação de gêneros alimentícios e isso tem aquecido a economia local. Hoje, o grande apelo concentra-se em estimular a alimentação saudável e muitos são os veículos de comunicação que transmitem essa ideia da escolha sadia, completa em nutrientes, incluindo vegetais, grãos e proteína. Neste contexto, os Mercados Públicos desempenham importante função pois reúnem comerciantes dos mais variados tipos de produtos e serviços.

A importância destes centros comerciais dá-se, não apenas pela variedade, mas também pelo preço acessível à grande parte da população. Assim, tradicionalmente às quintas, sextas e sábados, tornam-se ambientes movimentados e aquecem a economia local. A informalidade faz parte daquela realidade, evidenciando que as políticas sociais não foram capazes de diminuir as desigualdades. Muitos dos estudantes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), *campus* Jaboatão dos Guararapes/PE, possuem vínculos parentescos com esses comerciantes e todos utilizam desses serviços em seu dia-a-dia.

No curso técnico em Qualidade, em aulas de Gestão Ambiental são abordados temas como identificação de aspectos e impactos ambientais, ética e sustentabilidade, meio ambiente e saúde pública. Nas aulas de introdução à administração são trabalhados conteúdos como “os gurus da qualidade”, cultura e clima organizacionais, marketing e planejamento.

Em atividades propostas em sala de aula, um grupo de meninos trouxe a perspectiva de identificar os impactos do comércio de carnes em mercados públicos, pois não gostava de transitar nas ruas em que havia este tipo de comércio. Outros alunos já pensavam em associar à identificação dos impactos, a aplicação de ferramentas da qualidade, como os cinco sentidos. Foi neste contexto fértil de sala de aula que um grupo de extensão foi formado, com o objetivo de pensar estratégias de educação ambiental em mercados públicos do município de Jaboatão dos Guararapes.

Logo, os professores que foram envolvidos nesta discussão já estavam desafiados a pensar a “prática extensionista” que, segundo Gadotti (2017), demanda “*a superação de uma visão academicista da universidade, para que ela consiga sair de seus muros, integrando, interdisciplinarmente, os saberes das comunidades*”.

Além do mais, Quintas (1997) nos diz que



“a prática da Educação Ambiental deve ter como um de seus pressupostos, o respeito aos processos culturais característicos de cada país, região ou comunidade. (...) Isto significa reconhecer que há diferentes modos de relacionamento homem-homem e homem-natureza. Na sociedade brasileira esses diferentes modos de relacionamento determinam a existência de conhecimentos, valores e atitudes que devem ser considerados na formulação, execução e avaliação da prática da Educação Ambiental.”

Assim, este estudo partiu do princípio que os mercados públicos dos bairros de Cavaleiro e Mangueiras são importantes equipamentos públicos que reúnem condições de geração de conhecimento científico e demandam ações de intervenção em diversos campos do saber, além da proximidade com o *campus* Jabotão dos Guararapes.

Neste contexto, a construção e os resultados de um trabalho que objetivou promover reflexões, abrir espaços de discussões e sensibilizar os comerciantes de carne em relação à qualidade sanitária do produto e melhoria do ambiente destes mercados serão apresentados a seguir. O projeto foi desenvolvido de outubro de 2015 a outubro de 2017, com grupo que envolveu dois docentes, um técnico administrativo e seis estudantes.

## 2 | METODOLOGIA

Diante do primeiro contato com a problemática, iniciam-se os questionamentos: “Como entrar na área de estudo e ser recebido? Como abordar temas polêmicos entre os comerciantes e apontar mudanças necessárias ao manuseio daquele alimento? Como abrir espaço de reflexão dentro de mercados públicos? Como integrar o setor de carnes e o *campus* Jabotão dos Guararapes, de forma a pensar aquele espaço?” Até aqui a motivação era a qualidade do alimento e as condições insalubres do setor de comércio de carnes.

Muitas outras perguntas vieram e a pesquisa-ação foi o caminho metodológico escolhido para nortear esse trabalho. Muitos autores têm contribuído para a compreensão desta metodologia, pensando e construindo as bases de uma integração comunidade-escola e aplicando-a em diversas áreas do saber, incluindo a Educação Ambiental.

Thiollent (2005) a define como

“uma metodologia derivada da pesquisa social com base empírica, concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou a resolução de um problema coletivo, e na qual pesquisadores e participantes representativos da situação ou problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”.

É importante enfatizar o potencial participativo da pesquisa-ação cuja característica principal, segundo diversos autores, é a construção coletiva do conhecimento que produzirá ações educativas e participação dos atores (o que inclui os “pesquisadores”).

As etapas metodológicas desta pesquisa incluíram dimensionamento do problema, visita aos locais de estudo com identificação do perfil dos atores sociais envolvidos,

mobilização/ação com reflexão sobre possibilidades e melhorias, acompanhamento das decisões/ações, feedback.

Diálogos foram estabelecidos com os gestores da Regional 7 da Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes, a fim de conhecer a realidade local, modo de funcionamento e abertura para discussões de temas ambientais e sanitários. O gerente dos mercados públicos de Cavaleiro e Mangueiras recebeu a equipe de extensão em seu gabinete, apresentou sua equipe e os desafios de sua função. Disponibilizou um espaço para realização de reuniões com os comerciantes.

A coleta de dados para dimensionamento dos problemas ali existentes contou com apoio de duas ferramentas: o *check list* construído a partir da leitura de normas de segurança alimentar (Resolução de Colegiado da ANVISA, RDC 216/2004) e segurança do trabalho (Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho – NR 09, elaboração de Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA) e o questionário semiestruturado.

O *check list* orientou a observação da conformidade legal dos estabelecimentos e proporcionou um confronto entre o que os estudantes aprenderam em sala de aula e a aplicação prática do conhecimento. Também teve papel fundamental na formação profissional, pois os põe em contato com normas e técnicas aplicáveis à rotina do técnico em Qualidade.

O questionário buscou conhecer os comerciantes. Conhecer as necessidades e expectativas deles foi o principal objetivo. A aplicação deste instrumento ocorreu através de entrevistas pessoais. E é nesse momento que a interação surge e possibilita o direcionamento do tema gerador: os riscos a que estão submetidos os permissionários do comércio de carnes.

O declínio por este tema gerador diversamente da motivação inicial (qualidade do alimento) deu-se através do conhecimento da realidade local e dos desafios relativos à saúde e segurança na rotina daqueles trabalhadores.

A partir desse ponto, foram pensadas estratégias de ações capazes de sensibilizar comerciantes, população cliente e gestores dos mercados públicos a (re) pensar suas ações a fim de que sejam capazes de tomar suas decisões e incluir em sua cultura noções de higiene ambiental e boas práticas no manuseio de alimentos.

### **3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os permissionários de boxes do comércio de carnes nos Mercados Públicos de Cavaleiro e Mangueiras, Jaboatão dos Guararapes/PE são, em sua maioria, homens com baixo grau de escolaridade. Trabalham com este tipo de atividade porque seus pais já atuavam neste setor. Alguns deles consideram o trabalho como pesado e todos enxergam que melhorias são necessárias, mas que todas dependem de ação direta do poder público. Reconhecem que poderiam melhorar quanto a alguns aspectos como a organização e limpeza dos setores, e não se sentem à vontade em relação

à estrutura do ambiente. Queixam-se de mau odor, atração de vetores como ratos e baratas, violência e descaso do poder público. O quadro 1, a seguir, resume os principais fatores de riscos a que estão submetidos.

Fatores de riscos	Descrição
Químicos	Uso de saneantes clandestinos, sem registro.
Biológicos	Possibilidade de pisar em fezes de gatos ali presentes e contaminação por vermes, infecções devido a vetores como roedores, contaminação do alimento por fungos, bactérias ou vermes.
Físicos	Falta de cobertura (teto) ou cobertura danificada, piso irregular, problemas hidráulicos e fiação exposta, choque elétrico por fiação exposta e equipamentos sem instalação de aterramento em ambientes úmidos.
De acidentes	Perda de dedos ao manusear equipamentos e instrumentos de corte (serras, facas, etc), corte de dedos e/ou mãos, cortes em equipamentos desgastados por ferrugem.
Ergonômicos	Postura inadequada devido à pouca estrutura, danos osteomusculares por transportar caixas e peças de carne pesadas, problemas de circulação por estar muito tempo em pé.

Quadro 1 – Riscos à saúde do permissionário de box de carne em Mercados Públicos Cavaleiro e Mangueiras, Jaboatão dos Guararapes/PE.

Fonte: Os autores

Outro grupo de queixas refere-se a uma estrutura inadequada do ponto de vista de instalações elétricas, ventilação deficiente, ambientes úmidos, rede de esgoto precária, indisponibilidade de sanitários higienizados, indisponibilidade de água corrente, relações humanas conflituosas (desentendimentos entre administração e permissionários, permissionários-permissionários entre setores diversos e dentro do setor de carnes), além do uso caótico e mal aproveitado do espaço.

Outro fator que chama a atenção é a destinação dos resíduos pois, por serem provenientes de alimentos perecíveis, apodrecem rapidamente e expõem o ambiente a condições de degradação que certamente interferem na qualidade dos alimentos expostos à venda e constituir-se-ão em fatores de risco à saúde dos consumidores.

Além de problemas de saúde mais diretos como dores na coluna, cortes nas mãos, presença de fungos em unhas, estes trabalhadores estão sujeitos a contaminação por transitar em ambiente cujo esgoto não é coletado, os resíduos não são recolhidos adequadamente e não há disponibilidade de água corrente e produtos de higiene sequer para a limpeza e desinfecção das mãos. Dessa forma, o risco biológico é estendido aos consumidores.

Diante deste contexto, a pesquisa-ação desafiou os pesquisadores acadêmicos a apresentarem disponibilidade, ouvir e refletir, cooperar e envolver-se em busca de

soluções viáveis socio ambientalmente. Diante de queixas relativas à estrutura dos mercados tornou-se imprescindível ouvir os gestores da Regional 7 da Prefeitura de Jaboatão dos Guararapes. A equipe de extensão realizou entrevista com a equipe gestora e entrou em contato com as dificuldades deles: equipe de fiscalização com poucos servidores, burocracia em relação à manutenção predial, poucos servidores que atuam na área de limpeza, dificuldades de relacionamento estabelecidas entre setor regulador e regulado. Além do mais, o foco da gestão dos mercados é a manutenção das condições normais de funcionamento, ou seja, o aquecimento da economia local.

Durante esta entrevista, uma demanda foi apresentada ao grupo extensionista: não há, dentre os servidores responsáveis pela fiscalização dos mercados públicos, conhecimentos a respeito das normas de Boas Práticas no Manuseio de Alimentos, sequer colaboração entre gestão de mercados e o setor de Vigilância Sanitária do município (onde há quadros técnicos capazes de auxiliar com conhecimentos de higiene ambiental). Um curso nesta área foi requerido.

Assim, foi ofertada a I Jornada de Boas Práticas na Manipulação de Carnes – evento que reuniu pesquisadores e servidores da área da saúde e da gestão de mercados públicos com o objetivo de esclarecer os riscos da exposição do alimento e as medidas capazes de enfrentar o problema. Este evento contou com a presença de cento e trinta inscitos dentre estudantes, profissionais da área (empreendedores donos de açougues e frigoríficos), nutricionistas, médicos veterinários e os gestores dos mercados públicos de Jaboatão dos Guararapes.

Durante o evento os extensionistas aplicaram questionários que objetivavam conhecer o nível de compreensão das discussões. Ficamos muito felizes pois 100% (cem por cento) dos participantes conseguiram compreender o significado de Boas Práticas na Manipulação de Alimentos, embora apenas 30% (trinta por cento) afirmem estar disposto a aplicar os conhecimentos ali adquiridos. 50% (cinquenta por cento) dos entrevistados relatam ter aprendido novos conceitos e técnicas e 30% (trinta por cento) afirma já conhecer o que foi abordado, mas reconheceu importante a discussão dos temas. Os dados obtidos através das entrevistas subsidiaram a aplicação da ferramenta da qualidade, a Análise SWOT, que busca diagnosticar o ambiente que nos cerca, favorecendo realização de análise crítica capaz de alimentar um novo planejamento. O quadro 2, a seguir, apresenta um recorte da análise SWOT realizada pelo grupo em momento de feedback.

<b>PONTOS FORTES</b>	<b>FRAQUEZAS</b>
<p>Discussão de temas atuais e relevantes ao setor;</p> <p>Aproximação dos gestores e permissionários em ambiente neutro;</p> <p>Apresentação de soluções simples e viáveis;</p> <p>Promoção da reflexão a respeito daqueles espaços públicos.</p> <p>Construção de base de dados para a proposição e avaliação de programas e políticas públicas.</p>	<p>Tratar-se de uma amostra, o que faz não alcançar todos os manipuladores de carne dos mercados públicos;</p> <p>Distância do <i>campus</i> Jaboatão dos Guararapes para o mercado público de Cavaleiro;</p> <p>Tempo de duração do evento longo, quando pensado em pessoas que garantem seu sustento na atuação diária.</p>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMEAÇAS</b>
<p>Sensibilizar o manipulador de carnes quanto à adoção de melhores práticas na manipulação de alimentos;</p> <p>Refletir sobre um procedimento que garanta a melhor destinação aos resíduos;</p> <p>Refletir sobre as formas de ordenação daqueles espaços públicos;</p> <p>Dialogar em conjunto.</p>	<p>Cultura dos comerciantes não incluir a busca do estudo e discussão acadêmica;</p> <p>Equipe de gestão dos mercados não ter poder financeiro de modificar a estrutura do local, fornecendo recursos mínimos como disponibilidade de água, por exemplo;</p>

Quadro 2 – Uso da ferramenta “Análise SWOT” para obter feedback da ação I Jornada de Boas Práticas na Manipulação de Alimentos

Fonte: Os autores.

Leme (2006) afirma que os conhecimentos produzidos a partir da vivência têm um significado muito maior para os docentes e, conseqüentemente, chances mais concretas de desencadear ações práticas. Neste contexto, todas as intenções de realização de cursos, mini cursos, palestras aos comerciantes foram desestruturadas. A vivência da Jornada demonstrou que a estratégia a ser adotada deve contemplar aproximação, exemplo prático e inclusão do debate das boas práticas direto na rotina do comerciante.

Assim, a próxima estratégia adotada foi a aplicação da ferramenta da Qualidade “cinco sentidos” ou “5S” diretamente nos boxes dos permissionários. Após o estudo desta ferramenta, os estudantes foram aos mercados e conversaram com os permissionários, no intuito de apresentar a ferramenta e demonstrar como melhorar o ambiente de trabalho. No Mercado Público de Mangueiras, seis permissionários receberam os estudantes, ouviram as explicações e permitiram que eles demonstrassem como organizar, limpar e redesenhar o fluxo do comércio. Neste momento também foram doados aos comerciantes garrafas de 250 mL (duzentos e cinquenta mililitros) de hipoclorito de sódio, junto a informações sobre a diferença entre limpeza e higiene, além de como utilizar o hipoclorito na higienização de equipamentos, bancadas e superfícies.

Os permissionários foram convidados a observar seus boxes, a registrar por fotos o estado antes da aplicação da ferramenta “Cinco sentidos” e colaborar à medida que os sentidos eram revelados: senso de utilização, organização, limpeza, saúde e autodisciplina. Nesta estratégia ficou evidente como a universidade desenvolveu importante papel na articulação entre ensino-pesquisa-extensão. Demo (2007) já

preocupava-se com o “*saber pensar e intervir juntos*”, no que denominava de Pesquisa Prática. E ainda afirma:

“Não é possível sair da condição de objeto (massa de manobra), sem formar consciência crítica desta situação e contestá-la com iniciativa própria, fazendo deste questionamento o caminho de mudança. Aí surge o sujeito, que o será tanto mais se, pela vida afora, andar sempre de olhos abertos, reconstruindo-se permanentemente pelo questionamento. Nesse horizonte, pesquisa e educação coincidem, ainda que, no todo, uma não possa reduzir-se à outra” (2007, p. 8).

A riqueza de interações fica claro quando os permissionários percebem o ganho de espaço físico e melhorias na limpeza do ambiente como resultantes do diálogo com os discentes do IFPE. Aqueles que não foram visitados já buscam saber o que houve naquelas visitas e demandam novas ações. Os discentes hoje apresentam os melhores rendimentos do *campus* e o desenvolvimento de habilidades de negociação e mediação de conflitos.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo da pesquisa-ação permitiu o conhecimento de inúmeros riscos a que estão submetidos os permissionários, além de queixas de cunho das relações interpessoais. A vulnerabilidade socio econômica, observada através da informalidade, condições de vida, modos de estar e ser preocupa no sentido deste contexto direcionar aos quadros de violência e uso de drogas (cigarro, bebidas, por exemplo). O trabalho, como importante instrumento de inclusão social, deve ser estimulado em condições salubres.

Este processo envolveu todos em discussões que buscaram soluções pacíficas e viáveis e todas elas perpassaram pelo viés da ética. A educação não é o remédio miraculoso que modificará aquelas estruturas, mas as pessoas, incomodadas e instigadas a novos caminhos, poderão vislumbrar novas ações e modificar aquela realidade. A ética deve orientar as ações de cada permissionário através do pensamento coletivo e percepção dos impactos que sua atividade causam ao ambiente. É necessário educá-los para solucionar os problemas de saúde e segurança, expandir a sua atuação como agentes ambientais, investir em comunicação e estreitar a articulação política e social de seu trabalho.

Os mercados públicos representam uma alternativa de modelo de desenvolvimento econômico que tem sido reconhecido como um caminho viável, focado na economia social e solidária. Pode fomentar o turismo e representar o cartão postal da cidade. Mas, para isso, demanda investimentos do poder público em suporte e estruturação.

Essa experiência do desenvolvimento de um projeto de extensão norteador pela pesquisa-ação desafia os docentes a disponibilizar tempo, reflexão e ação, colocando-o em posição de igualdade entre os participantes. Não há o detentor do saber ou o responsável por determinada disciplina. As fronteiras da disciplinaridade são



superadas, os temas tratados são pensados e pesquisados por todos e as ferramentas a serem aplicadas são escolhidas em conjunto. Em cada ciclo, a avaliação do alcance dos objetivos redireciona a equipe a uma nova estratégia de ação.

Ao mesmo tempo que a articulação ensino-pesquisa dá sentido ao conteúdo estudado, a extensão torna-se desafiadora pois ali você está inserido num contexto de ação, preso a um cronograma de projeto, vislumbrando sempre melhorias em forma de novas ações.

## REFERÊNCIAS

ANVISA. **Boas Práticas no Manuseio de Alimentos**. Resolução de Colegiado 216/2004. Disponível em <portal.anvisa.gov.br/...RDC%2BN%2B216%2BDE%2B15%2BDE%2BSETEMBRO%>. Acesso em 14/04/2016.

DEMO, P. **Educar pela Pesquisa**. 8 ed. Campinas: Autores Associados, 2007.

GADOTTI, M. **Extensão universitária: para quê?** 2017. Artigo eletrônico. Disponível em <[https://www.paulofreire.org/images/pdfs/Extens%C3%A3o\\_Universit%C3%A1ria\\_-\\_Moacir\\_Gadotti\\_fevereiro\\_2017.pdf](https://www.paulofreire.org/images/pdfs/Extens%C3%A3o_Universit%C3%A1ria_-_Moacir_Gadotti_fevereiro_2017.pdf)>. Acesso em 14/04/2018.

LEME, T. N. **Os conhecimentos práticos dos professores: (re)abrindo caminhos para a educação ambiental na escola**. São Paulo: Annablume, 2006.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. NR – 09. Disponível em <[www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr9.htm](http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr9.htm)>. Acesso em 14/04/2016.

QUINTAS, J. S. Por uma educação ambiental emancipatória: considerável sobre a formação do educador para atuar no processo de gestão ambiental. *In: Pensando e praticando a Educação Ambiental na Gestão do Meio Ambiente*. Brasília: IBAMA, 1997.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

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

### **Francisca Luiza Simão de Souza**

Aluna do Curso de Tecnologia em Agronegócio;  
Faculdade de Tecnologia CENTEC/FATEC Sertão  
Central.  
Quixeramobim – Ceará.

### **Francisco Ezivaldo da Silva Nunes**

Tecnólogo em Agronegócio.  
Quixeramobim – Ceará.

### **Edmilson Rodrigues Lima Junior**

Engenheiro Agrônomo e Estudante de Mestrado  
em Zootecnia; Universidade Federal do Ceará  
(UFC);  
Quixeramobim – Ceará.

### **Roberta Thércia Nunes da Silva**

Aluna do Curso de Tecnologia em Agronegócio;  
Faculdade de Tecnologia CENTEC/FATEC Sertão  
Central.  
Quixeramobim – Ceará.

### **Rildson Melo Fontenele**

Professor do Curso de Tecnologia em  
Agronegócio; Faculdade de Tecnologia CENTEC/  
FATEC Sertão Central.  
Quixeramobim – Ceará.

### **Antonio Geovane de Moraes Andrade**

Aluno do Curso de Tecnologia em Agronegócio;  
Faculdade de Tecnologia CENTEC/FATEC Sertão  
Central.

**RESUMO:** A sazonalidade climática da Região Semiárida dificulta a produção animal e vegetal

em variassituaçõesvivenciadaspelosprodutores rurais. Portanto, objetivou-se quantificar a disponibilidade de água para irrigação, e determinar sua capacidade de suporte em uma área irrigável, com simulações em quatro reservatórios localizados em uma fazenda no interior de Quixeramobim, no Sertão Central do Ceará, com o auxílio da modelagem hidrológica. O trabalho foi realizado em uma fazenda, localizada no município de Quixeramobim–CE. Foram realizadas simulações de quatro reservatórios, com a utilização de um software desenvolvido pelo pesquisador Araujo (2004), para a modelagem. O programa chama-se Vyelas (versão 3), que determina o volume, por ano, de perda por elasticidade. O mesmo foi utilizado para a simulação de estimativas dos reservatórios, sendo feita simulação de evaporação e rendimento no período seco em uma análise estocástica. A relação dos reservatórios, com sua disponibilidade de água para irrigação e capacidade de suporte, em área irrigável, utilizando-se a metade do volume de entrada de cada açude apresentam uma área irrigável total de 9,71 ha utilizando o volume dos quatro reservatórios. Com uma produção de biomassa de forragem total de 460.823,92 kg de MSFT/ano, e com uma capacidade de suporte total de 92 UA. Entretanto, se forem usados separadamente, apenas o reservatório açude 04 apresenta uma boa produção de

ferragem, mesmo sendo utilizado metade do seu volume de entrada. O açude 04 é o que apresenta o maior potencial para produção de ferragem e capacidade de suporte.

**PALAVRAS-CHAVE:** disponibilidade de água, modelagem, modelos hidrológicos.

**ABSTRACT:** The climatic seasonality of the semi-arid region makes it difficult for animal and vegetable production in several situations experienced by rural producers. The objective of this study was to quantify the availability of water for irrigation and to determine its support capacity in an irrigable area, with simulations in four reservoirs located on a farm in the interior of Quixeramobim, in the Central Sertão of Ceará, with the aid of hydrological modeling. The work was carried out in a farm, located in the municipality of Quixeramobim-CE. Simulations of four reservoirs were carried out, using a software developed by the researcher Araujo (2004), for the modeling. The program is called Vuelas (version 3), which determines the volume per year of loss per elasticity. The same was used for the simulation of reservoir estimates, and simulation of evaporation and dry season yield in a stochastic analysis. The ratio of the reservoirs, with their availability of water for irrigation and support capacity, in an irrigable area, using half of the input volume of each dam present a total irrigable area of 9.71 ha using the volume of the four reservoirs. With a total forage biomass production of 460,823.92 kg of MSFT / year, and with a total carrying capacity of 92 AU. However, if used separately, only the reservoir canopy 04 has a good forage production, even though half of its input volume is used. Weir 04 is the one with the greatest potential for forage production and support capacity.

**KEY WORDS:** water availability, modeling, hydrological models.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Região Semiárida ocupa uma área de aproximadamente 900.000 km<sup>2</sup>, cerca de 10% da área total do Brasil, abrangendo os Estados do Nordeste, exceto o Maranhão, além do Norte de Minas Gerais. Ecologicamente, mais parece um mosaico formado por centenas de sítios ecológicos que demandam recomendações de manejo diferenciadas. Os fatores mais marcantes destes menores ecossistemas funcionais são o clima, o solo, a vegetação, a fisiografia e o homem (Araújo Filho et al., 1995). Segundo Lima Junior (2013), a sazonalidade climática da Região Semiárida dificulta a produção animal e vegetal em várias situações vivenciadas pelos produtores rurais. Pois a instabilidade de chuvas compromete toda a expectativa de produzir reservas alimentares para o rebanho, além de afetar também o abastecimento da própria propriedade.

A produção animal está diretamente ligada com a produção vegetal, que conseqüentemente necessita de água para ser produzida, onde em períodos atípicos, ou seja, de precipitações abaixo da média ocasionam uma diminuição significativa na produção animal referente à baixa produção de alimento, por conta do baixo volume de água. Fazendo com que o produtor fique dependendo apenas de períodos com

pluviosidade na média ou acima dela para obter uma boa produção animal.

Dessa maneira, conviver com as oscilações das chuvas já faz parte do cotidiano dos produtores rurais no Semiárido, já que na maior parte do ano as chuvas são baixas ou até mesmo inexistentes. Portanto, deve-se planejar ações para obter melhores resultados no manejo dos recursos hídricos da propriedade visando conseguir uma boa produção animal, além de buscar manter também a propriedade abastecida, para que em períodos de baixa precipitação o produtor consiga continuar produzindo por um determinado período (Lima Junior, 2013).

Sendo assim, o planejamento é a chave do sucesso para muitos produtores que buscam a produção de forragem para manter o rebanho, utilizando o potencial existente na sua propriedade. Dessa forma, com o auxílio da modelagem hidrológica, como uma ferramenta dos produtores, é possível dimensionar os reservatórios e estimar com níveis de garantias que variam de acordo com a bacia hidrográfica e o coeficiente de abertura dos mesmos, o quanto se pode utilizar de água desses reservatórios por um determinado período de tempo, conseguindo, assim um bom manejo e uma boa administração dos recursos hídricos.

Diante disso, o estudo de equações para estimativas de vazões regularizadas por reservatórios tem sido objeto de muita atenção por parte de engenheiros e pesquisadores de varias partes do mundo. Macmahon & Mein (1978), apresentam um levantamento de diversos procedimentos e equações para a avaliação expedita para estudos de reservatórios. Dentre estes, podem ser citados o método Macmahon (1976), o método de Hardinson (1965) e o procedimento de Phatarford (1976).

Uma das formas mais comuns de avaliação do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas consiste do desenvolvimento e aplicação de modelos fisicamente baseados com auxílio de técnicas de mapeamento, combinando outros modelos, tais como CN-SCS (Easton et al., 2008; Notter et al., 2007; Stackelberg et al., 2007), ARNO (Collischonn et al., 2007), além de certos modelos físicos para descrever o comportamento da infiltração e propagação do escoamento (Pruski et al., 2001), para o que são necessárias séries históricas de precipitação e evapotranspiração a fim de simular o comportamento das vazões a partir de um balanço hídrico, tendo-se determinada camada de solo como controle (Ribeiro Neto, 2006).

Todos esses procedimentos simplificados têm como consequência, sua própria natureza, aplicações limitadas às condições hidrológicas dos locais onde foram desenvolvidos. Não se pode esperar que um procedimento simplificado retrate, igualmente bem, condições hidrológicas tão diferentes como, por exemplo, a dos intermitentes do Nordeste brasileiro e dos perenes do Nordeste dos Estados Unidos.

Portanto, objetivou-se quantificar a disponibilidade de água para irrigação, e determinar sua capacidade de suporte em uma área irrigável, com simulações em quatro reservatórios localizados em uma fazenda no interior de Quixeramobim, no Sertão Central do Ceará, com o auxílio da modelagem hidrológica.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma fazenda, localizada no município de Quixeramobim–CE. A mesma possui uma área de 313 hectares e coordenadas geográficas (Sede) 5°13'59,07" W, -39°25'53,96"S. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima de Quixeramobim é do tipo BSwH Semiárido quente e seco.

Foram realizadas simulações de quatro reservatórios, com a utilização de um software desenvolvido pelo pesquisador Araujo (2004), para a modelagem. O programa chama-se Vyelas (versão 3), que determina o volume, por ano, de perca por elasticidade. O mesmo foi utilizado para a simulação de estimativas dos reservatórios, sendo feita simulação de evaporação e rendimento no período seco em uma análise estocástica.

Utilizou-se as seguintes informações: Coeficiente de variação anual; coeficiente alfa; evaporação no período seco; capacidade máxima de armazenamento; volume mínimo operacional; volume inicial do ano; número de rendimento em passos; mínimo de rendimento; máximo de rendimento; número de simulações em modelagem estocástica.

Para o cálculo mínimo de requerimento para os reservatórios, mediu-se o valor usado em um hectare. Foi realizado um levantamento de uma série histórica de precipitação pluviométrica em Quixeramobim, utilizou-se o site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos do Ceará (FUNCEME) nos últimos quarenta anos. Para estimar o volume médio de entrada anual dos reservatórios, aplicou-se a metodologia de Chow et al (1994), de modelos hidrológicos para o cálculo de escoamento. Tendo como base o histórico de precipitação e o modelo hidrológico já citado, foi possível simular o volume médio de entrada dos reservatórios. Iniciaram-se as análises com a delimitação da bacia hidrográfica, cálculo de cota de volume de armazenamento e volume máximo de armazenamento. Para a delimitação da bacia hidrográfica, utilizou-se técnicas de geoprocessamento utilizando o software ARCGIS 9.3, delimitando-a com o auxílio de imagens ASTER/GDEM, onde foi extraído drenagem e, a partir dessa drenagem, foi delimitada a bacia hidrográfica de cada reservatório, onde o esudório de cada açude foi caracterizada pela própria parede do reservatório. Para o cálculo do volume de armazenamento dos reservatórios, utilizou-se um equipamento de topografia denominado Global Positioning System (GPS) geodésico de dupla frequência (L1/L2).

Esse levantamento foi facilitado devido os reservatórios estarem secos. Diante desses levantamentos topográficos, foi possível quantificar o volume máximo de armazenamento dos açudes. Com a construção do diagrama de cota volume, quantificou-se para calcular área e volume, utilizando os dados coletados pelos GPS geodésicos de um software chamado AutoCAD, onde os pontos foram interpolados gerando curvas de níveis (diagrama de cota volume).

Calculou-se o coeficiente alfa, ou seja, o coeficiente de abertura do reservatório,

que corresponde ao somatório do volume de armazenamento, dividido pelo somatório do cubo das alturas. Vale ressaltar que, quanto mais baixo o coeficiente, melhor é o desempenho do reservatório em armazenamento. Após as simulações dos quatro reservatórios citados, realizou-se uma análise descritiva dos resultados obtidos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta a relação dos reservatórios, com sua disponibilidade de água para irrigação e capacidade de suporte, em área irrigável, utilizando-se a metade do volume de entrada de cada açude, com uma área irrigável total de 9,71 ha utilizando o volume dos quatro reservatórios. Com uma produção de biomassa de forragem total de 460.823,92 kg de MSFT/ano, e com uma capacidade de suporte total de 96 Unidade Animal (UA). Ressaltando que essa Tabela não apresenta as garantias do uso da água.

Reservatório	Volume máximo de armazenamento (m <sup>3</sup> )	Volume médio de entrada (m <sup>3</sup> )	Metade do volume médio de entrada (m <sup>3</sup> )	Área irrigável (ha)	Produção de biomassa de forragem (kg de MSFT/ano)	Capacidade de suporte (UA)
Açude 01	51.214,00	23.573,79	11.786,90	0,32	15.322,96	3
Açude 02	165.491,00	108.935,58	54.467,79	1,49	70.808,13	15
Açude 03	246.841,00	8.667,76	4.333,88	0,12	5.634,04	1
Açude 04	1.174.977,00	567.782,74	283.891,37	7,78	369.058,78	77
Total				9,71	460.823,92	96

Tabela. 1 - Relação dos reservatórios com sua disponibilidade de água para irrigação e capacidade de suporte em área irrigável.

Analisando os reservatórios separadamente, observa-se que os açudes 01 e 03 não apresentam uma boa produção de biomassa de forragem (kg de MSTF/ano), Conseqüentemente, uma baixa capacidade de suporte. Esses resultados se devem à baixa área irrigável (ha) dos dois reservatórios (0,32 e 0,12 ha, respectivamente). Entretanto, apenas o reservatório açude 04 apresenta uma boa área irrigável de 7,78 ha, apresentando uma produção de biomassa de forragem total, por ano, de 369.058,78 kg de MSTF/ano, com uma capacidade de suporte total, por ano, de 77 UA.

Resultados semelhantes foram obtidos por Araújo et al. (2011) que avaliando a capacidade de suporte hídrico, no qual verificaram que com aumento na produção de biomassa de forragem, decorrente da área irrigável, conseqüentemente ocorreu um aumento da capacidade de suporte. Assim, torna-se interessante um reservatório com uma boa capacidade de suporte.



## 4 | CONCLUSÕES

O açude 04 é o que apresenta o maior potencial para produção de forragem e capacidade de suporte.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, J. A.; SOUSA, F. B.; CARVALHO, F. C. Pastagens no Semiárido: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIRO, Brasília, DF, Anais. XXII Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Brasília. 1995. p.28-62.
- ARAÚJO, G. G. L. de. A água nos sistemas de produção de ovinos e caprinos. In: VOLTOLINI, T. V., ed. Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 69 – 94.
- CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. Hidrologia aplicada. Santa Fé de Bogotá, Colômbia: McGraw Hill, 1994. 584p.
- COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D. G.; SILVA, B. C.; TUCCI, E. M. The MGB-IPH model for large-scale rainfall-runoff modeling. Hydrological Science Journal, 52: 878-895, 2007.
- EASTON, Z. M.; FOKA, D. R.; WALTER, M. T.; COWAN, D. M.; SCHNEIDERMAN, E. M.; STEENHUIS, T. S. Reconceptualizing the soil and water assessment tool (SWAT) model to predict runoff from variable source areas. Journal of Hydrology, 348: 279-291, 2008.
- LIMA JUNIOR, E. R. Uso de ferramentas de agricultura de precisão para o planejamento de propriedade rural. (Monografia de graduação) Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 2013. 51p.
- McMAHON, T. A. Preliminary estimation of reservoir storage for Australian streams. Civil Engineers Transactions: The Institution of Engineers. Australia, 18: 55-59, 1976.
- McMAHON, T. A. E RUSSEL G. MEIN. Reservoir Capacity and Yield. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. 1978.
- PHATARFOD, R. M. Some aspects of stochastic reservoir theory. Journal of hydrology, 30: 199-217, 1976. PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, D. D. DA. Modelo hidrológico para estimativa do escoamento superficial em áreas agrícolas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 5: 301-307, 2001.
- RIBEIRO NETO, A. Simulação hidrológica na Amazônia: Rio Madeira. 2006. 178f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Pós-graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

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

### **Sharlenne Leite da Silva Monteiro**

Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO, Guarapuava – PR.

### **Jacqueline Alves Itame**

Anestesista veterinária autônoma, São José – SC.

### **Ana Clara Batisti Pasquali**

Médica Veterinária autônoma, Guarapuava – PR.

### **Camila Lima Rosa**

Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina-PR

### **Luciana do Amaral Oliveira**

Médica Veterinária autônoma, Guarapuava – PR.

### **Carla Fredrichsen Moya Araújo**

Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO, Guarapuava – PR.

**RESUMO:** A cesariana é uma prática cirúrgica rotineira na medicina veterinária, sendo indicada principalmente em casos de distocia. Nestes casos, a depressão fetal pode ter duas causas principais, que são hipóxia ou devido à administração de anestésicos na gestante. Os protocolos anestésicos devem ser cuidadosamente avaliados a fim de reduzir este efeito. A ressuscitação do neonato consiste na liberação das vias aéreas, oxigenação, e principalmente mantê-lo aquecido. Quando necessário, pode-se fazer uso de medicações como adrenalina e doxapram para melhorar frequência cardíaca e respiratória, além de

antagonistas anestésicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Emergência, Medicina Veterinária Intensiva, adrenalina.

### INTRODUÇÃO

A cirurgia cesariana é uma laparohisterotomia realizada para retirar um ou mais fetos, vivos ou mortos, na época do parto (Waller et al., 2014).

Distocias secundárias a mau posicionamento ou desenvolvimento fetal, tamanho exagerado dos fetos, estreitamento do canal pélvico da fêmea, inércia uterina ou putrefação fetal são as indicações para a realização de cesárea em pequenos animais. Cirurgias eletivas são indicadas em casos de raças braquicefálicas, histórico prévio de distocia e fraturas de pelve (Simas; Bacchiega, 2012).

A depressão fetal após distocia e cesariana tem duas causas primárias; a primeira e muitas vezes mais importante é a hipóxia. A segunda causa é a depressão de agentes anestésicos administrados à gestante. Ambos podem ser minimizados com uma gestão anestésica adequada, porém, mesmo sob ótimas condições, nascerão fetos deprimidos (Traas, 2008).

Embora diversos protocolos anestésicos sejam sugeridos para utilização em fêmeas prenhes submetidas à cesariana, não existe um que seja isoladamente melhor que os demais para as mães e neonatos (Waller et al., 2014).

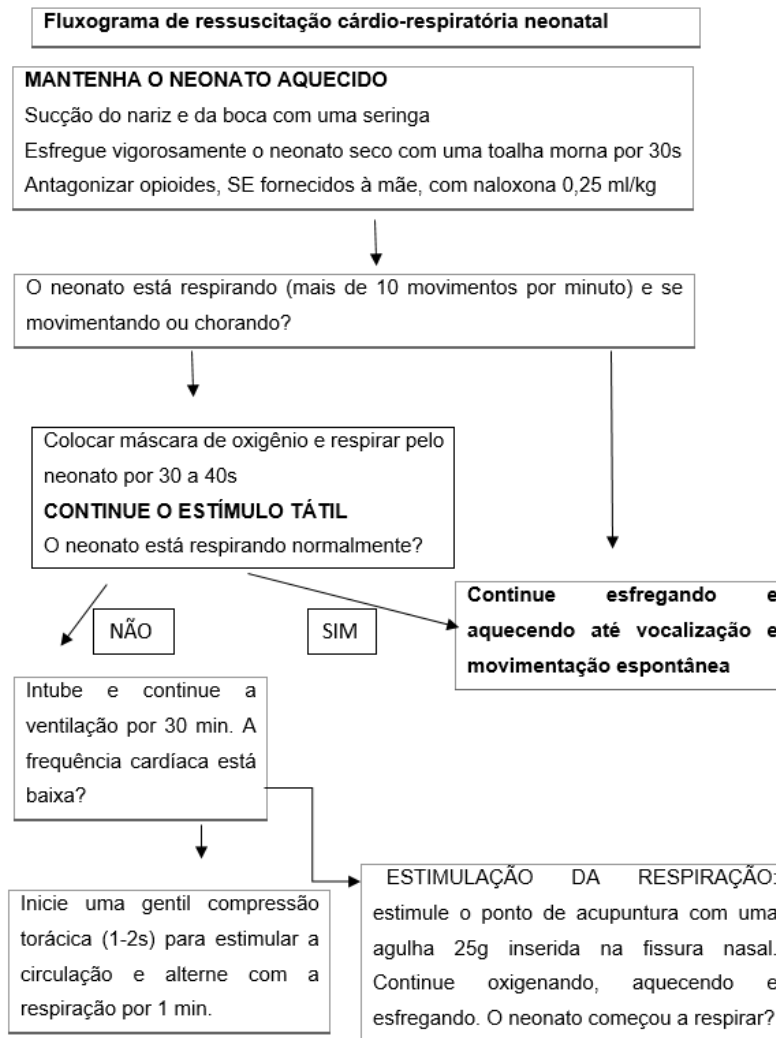
Quando o parto é natural, a reanimação do filhote é realizada pela mãe através da liberação das membranas fetais sobre a boca e nariz, lambadura para estimular a respiração, secagem e manutenção da temperatura corporal, secção do cordão umbilical e estímulo à amamentação (Domingos et al., 2008). Porém, quando se realiza a cesariana, é necessária a ressuscitação do neonato (Leal et al., 2005).

Primeiramente, segundo Domingos et al. (2008), deve-se remover os resíduos teciduais da face do filhote, que pode ser balançado em movimento pendular suave para remover o fluido das vias aéreas, com cautela para evitar danos cervicais. Já Davidson (2003) relata que esta manobra não deve ser realizada, devido ao potencial de causar hemorragias cerebrais por concussão.

É extremamente importante manter o neonato aquecido e auxiliar no fornecimento de oxigênio utilizando métodos de suporte à ventilação e circulação. Deve-se esfregá-lo vigorosamente para secar e estimular a respiração. Quando a compressão torácica falha, pode-se fazer uso de adrenalina para promover batimento cardíaco. Se a mãe recebeu algum opioide antes da cesariana, a naloxona pode ser administrada nos neonatos para reverter a depressão respiratória. As vias de administração podem ser intravenosa (veia umbilical) ou sublingual (Traas, 2008).

A sobrevivência do filhote depende da rapidez com que se dá a respiração espontânea. O doxapran, por via sublingual, pode ajudar quando ocorrer falhas, já que é um fármaco que estimula a respiração (Domingos et al., 2008).

Abaixo, um fluxograma detalhando a estratégia de ressuscitação de cães neonatos.



## CASO CLÍNICO

Foi atendida na Clínica Escola Veterinária (CEVET) da Universidade Estadual do Centro-Oeste, uma cadela da raça Australian Cattle Dog, fêmea, com aproximadamente 4 anos de idade, peso corporal 18,5 kg, com histórico de parto distócico. De acordo com o proprietário, o primeiro filhote havia nascido às 6 horas da manhã e estava vivo, e até o momento da consulta, às 8:30 da manhã, não havia nascido nenhum outro. A paciente apresentava-se taquipneica, e os demais parâmetros dentro da normalidade.

Foi realizado exame ultrassonográfico (US), o qual constatou a presença de mais três filhotes, um deles preso no canal vaginal, e ausência de batimento cardíaco. Devido a este fato, optou-se por realizar a cirurgia cesariana.

Na avaliação pré-anestésica, a paciente apresentava mucosas normocoradas, TPC 1 segundo, frequência cardíaca de 110 batimentos por minuto, temperatura RETAL 38,3°C.

Como no US os fetos não apresentavam batimentos cardíacos foi estipulado o seguinte protocolo anestésico: De medicação pré anestésica (MPA) utilizamos metadona na dose de 0,5mg/kg por via intramuscular; para indução utilizamos propofol na dose de 5mg/kg, e para manutenção da anestesia usamos isoflurano fornecido com oxigênio a 100% em circuito fechado. A fluido utilizada foi NaCl 0,9%.

O primeiro feto retirado, natimorto, era o que estava preso no canal vaginal. Ao retirar os outros dois, constatou-se que apresentavam batimento cardíaco, porém em bradicardia, e foram iniciadas as manobras de reanimação pela equipe que já estava de prontidão. Foram removidos os resíduos teciduais da face balançando os fetos em movimento pendular suave e utilizando um equipo ligado a um aspirador cirúrgico. Um colchão térmico e bolsas com água morna foram usados para mantê-los aquecidos. Utilizou-se sonda traqueal nº 2 sem cuff para intubação endotraqueal dos fetos e ventilação com oxigênio 100% (Figura 1). Foi administrado doxapran e adrenalina, via sublingual e traquel, respectivamente, em ambos. E realizado massagem cardíaca, e após alguns minutos um dos animais reagiu respondendo ao tratamento, começou a chorar, a respirar sozinho e os batimentos cardíacos se normalizaram. O outro animal infelizmente veio a óbito. Mantivemos o animal no oxigênio e aquecido até ele começar com reflexo de mamada e quando se normalizou foi colocado junto com a mãe e o outro neonato, que havia nascido de parto normal, para que pudesse mamar o colostro.



Figura 1 – Neonato entubado com sonda traqueal

Logo após o término do procedimento cirúrgico, os neonatos foram colocados junto à mãe e ingeriram colostro (Figura 2). Nela, foi administrado antibiótico (amoxicilina+clavulanato 20mg/kg) e anti-inflamatório (meloxicam 0,2mg/kg). A paciente e os filhotes receberam alta no mesmo dia.



Figura 2 – Mãe e filhotes após recuperação anestésica

## DISCUSSÃO

Segundo Luz et al., o parto anormal (distocia) ocorre quando há falha em iniciar o parto no momento correto, ou quando há problema na expulsão normal dos fetos, uma vez que o parto tenha iniciado. Neste caso, é necessário realizar intervenção cirúrgica para retirar os fetos por meio da cesariana.

A cesariana geralmente representa uma situação de emergência, exigindo que a tomada de decisão seja rápida, assim, o tempo decorrido entre a indução anestésica e o nascimento deve ser sempre o menor possível a fim de reduzir o tempo de exposição dos fetos aos anestésicos, aumentando a probabilidade de viabilidade fetal (Crissiuma et al., 2008).

Fetos nascidos por cesariana sempre apresentam depressão (Traas, 2008), tornando indispensável a realização de manobras de ressuscitação. Apesar de alguns autores citarem os malefícios do ato de balançar o neonato, a fim de remover as secreções, neste caso não foi observado nenhum dano até o presente momento.

Em relação ao uso de doxapran para estimular a respiração espontânea, Davidson (2003) afirma que não há conclusões na literatura tanto veterinária quanto humana. Porém, um trabalho feito por Santos et al. (2006) mostrou que este medicamento possui eficiência na reanimação de neonatos caninos.

O protocolo anestésico utilizado na gestante mostrou-se seguro e não interferiu na viabilidade materna e dos fetos. O opioide administrado como medicação pré-anestésica, apesar de provocar depressão respiratória, foi antagonizado com naloxona. Segundo Waller et al. (2014), o propofol, ao atravessar a barreira placentária, não apresenta ação teratogênica e não são observados efeitos depressores significativos que comprometam a saúde fetal, se a retirada dos fetos for realizada em até 20 minutos após a sua administração. Na manutenção anestésica, o isoflurano é seguro e resulta em recuperação rápida para mãe e filhotes (Luz et al., 2005).



## CONCLUSÃO

O parto distócico é parte da rotina do médico veterinário, e é de fundamental importância a realização do diagnóstico com rapidez. A anestesia da fêmea gestante é um procedimento que exige a adoção de protocolos seguros para a manutenção vital da mãe e seus neonatos. Além disso, é essencial a presença de uma equipe preparada e com conhecimentos sobre ressuscitação cárdio-respiratória de neonatos.

## REFERÊNCIAS

- CRISSIUMA, A.L.; LABARTHE, N.V.; JUNIOR, C.J.J.; ALMEIDA, F.M.; GERSHONNY, L.C. **Avaliação dos parâmetros fisiológicos e hemogasométricos de cadelas gestantes submetidas à anestesia injetável durante cesariana eletiva monitorada.** Medvep – Revista Científica de Medicina Veterinária – Pequenos Animais e Animais de Estimação, v.17, n.6, p.44-51, 2008.
- DAVIDSON, A. P. Approaches to reducing neonatal mortality in dogs. In: CONCANNON, P. W.; ENGLAND, G.; VERSTEGEN III, J. FOSBERG, C. L. **Recent Advances in Small Animal Reproduction.** International Veterinary Information Service, Ithaca, NY (www.ivis.org), 2003.
- DOMINGOS, T. C. S.; ROCHA, A. A.; CUNHA, I. C. N. **Cuidados Básico com a gestante e o neonato canino e felino: revisão de literatura.** JBCA – Jornal Brasileiro de Ciência Animal, v.1, n.2, p.94-120, 2008.
- LEAL, L. S.; PRESTES, N. C.; OBA, E. Cuidado com o neonato canino e felino: revisão. MEDVEP - Revista Científica de Medicina Veterinária.: p.116-121, 2005.
- LUZ, M. R.; FREITAS, P. M. C.; PEREIRA, E. Z. **Gestação e parto em cadelas: fisiologia, diagnóstico de gestação e tratamento das distocias.** Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte, v.29, n.3/4, p.142-150, 2005. Disponível em: [www.cbra.org.br](http://www.cbra.org.br)
- MASSONE, F. **Anestesiologia veterinária : farmacologia e técnicas : texto e atlas colorido.** 6 ed. (Reimpr.) Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2017.
- SANTOS, J. C.; POMPERMAYER, L. G.; MATA, L. B. S. C.; ALONSO, D. C.; BORBOLETA, L. R. **Efeitos da aminofilina e do doxapram em recém-nascidos advindos de cesariana eletiva em cadelas anestesiadas com midazolam, propofol e isoflurano.** Revista Ceres, Universidade Federal de Viçosa, 2006. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/viewFile/3210/2051>
- SIMAS, R. C.; BACCHIEGA, T. S. **TÉCNICA CIRÚRGICA PARA CESARIANAS EM CADELAS E GATAS.** REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE MEDICINA VETERINÁRIA, Ano IX, n.18, 2012.
- TRAAS, A. M. **Resuscitation of canine and feline neonates.** The Society for Theriogenology Annual Conference, volume 70, issue 3, p.343-348, 2008.
- WALLER, S.B.; TELES, A. J.; GOMES, A. R.; CLEFF, M. B.; MELLO, J. R. B. **Efeitos colaterais de anestésicos em neonatos de cães e gatos nascidos de cesariana.** Acta Veterinaria Brasilica, v.8, n.1, p.1-9, 2014.

## SERVIÇO SOCIAL: UMA INTERLOCUÇÃO COM A QUESTÃO AMBIENTAL

### **Adeilza Clímaco Ferreira**

Bacharel e Mestre em Serviço Social, Doutoranda em Serviço Social da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Email:adeufrn@gmail.com

### **Amanda Pereira Soares Lima**

Graduanda em Serviço Social da Universidade Federal do Rio Grande Do Norte (UFRN). Email:amandapslima@yahoo.com.br

### **Carla Montefusco de Oliveira**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> do Departamento de Serviço Social da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Email:carlamontefusco1@gmail.com

### **Joselma Ramos Carvalho Santos**

Graduanda em Serviço Social da Universidade Federal do Rio Grande Do Norte (UFRN). Email:joselma.ramos@ymail.com

### **Maria Angélica Barbosa Marinho de Oliveira**

Bacharel em Serviço Social e Mestranda em Serviço Social da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Email:angelica.marinho@hotmail.com

**RESUMO:** As complexas relações interpostas pelo Modo de Produção Capitalista, no qual a indústria se coloca como um signo para o processo de produção, têm por consequência a questão ambiental. O uso desordenado dos recursos renováveis, as mudanças estruturais no processo de produção, o aumento populacional

requerendo mais espaço para sobreviver, são algumas das situações que se imbricam fazendo expandir as sequelas da questão social. Na observação disso, este artigo, que é parte da pesquisa Responsabilidade Social Empresarial e Transparência: uma análise do nível de evidenciação socioambiental das empresas do Rio Grande do Norte, por meio de estudos bibliográficos e documentais, objetiva verificar a interlocução do Serviço Social com a questão ambiental, tendo em vista que a questão socioambiental se coloca como demanda para os assistentes sociais tanto na intermediação direta com os usuários quanto no planejamento de políticas sociais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Serviço Social; Questão Ambiental; Responsabilidade Social Empresarial.

**ABSTRACT:** The complex relationships brought by the Capitalist mode of production, in which the industry is placed as a sign for the production process, have as a consequence the environmental issue. The overuse of renewable resources, the structural changes in the production process, the increase in population requiring more space to survive, are some of the situations that expand the sequels of the social question. Noting this, the article, which is part of the research Corporate Social Responsibility and Transparency: an analysis of

the social and environmental disclosure level of companies in Rio Grande do Norte, through bibliographic and documental studies, aims to verify the interaction of Social Work with the environmental issue, considering that the social and environmental issue is a demand for social workers both in direct intermediation with users as in planning social policies.

**KEYWORDS:** Social Work; environmental issue; corporate social responsibility.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os influxos capitalistas de acumulação do capital, a qualquer custo, têm ocasionado desarranjos na sua relação com o ecossistema, inclusive com o próprio homem, visto que nesse processo para além do estabelecimento de dominação dos recursos naturais - pela imposição dos meios de produção, especialmente o maquinário - estabeleceu-se também a relação de dominação do homem pelo homem, fazendo incidir o contexto das desigualdades sociais e do acirramento da pobreza.

Na segunda metade do século XX os movimentos ambientalistas passaram a reclamar cuidado com os recursos renováveis e a exigir critério no trato com o planeta. Alertaram o mundo sobre os problemas gerados pela poluição, desmatamento e contaminação hídrica. As mudanças climáticas e o aquecimento global, os impactos causados pelo uso hídrico na geração de energia, sendo reclamada a adoção de fontes alternativas de energia, e eficiência energética para aparelhos elétricos, automóveis e indústrias (SILVA, 2010). Ou seja, passou-se a evocar consciência política no convívio com o meio ambiente.

Outro motivo de reclamação das agências internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU), foi a condição precária a que a população dos países semi-industrializados esteve submetida logo na segunda metade do século XX. Em momento de expansão industrial, os países de capital avançado foram menos impactados pelas sequelas da questão social, pois concomitantemente ao desenvolvimento econômico estabeleceram políticas públicas para seus cidadãos. Ao contrário disso, os países de capital tardio privilegiaram o crescimento econômico, pelo incentivo da expansão industrial, sem priorizar políticas de alcance à classe trabalhadora, provocando uma sociedade polarizada pela riqueza e pela pobreza, mas em proporção amplamente desigual.

O acirramento da pobreza nesses países fez incidir códigos, parâmetros, documentos, chamando atenção para o atendimento básico das necessidades humanas, sendo percebida a necessidade de vinculação entre crescimento econômico, desenvolvimento humano e consciência ambiental. A compreensão disso evocou o pensamento do desenvolvimento sustentável, um chamamento à prática consciente da vida presente para que as gerações futuras não tenham suas capacidades comprometidas.

Explica-se que na literatura do pensamento supracitado necessariamente

devem estar, imbricadas as sequelas da questão social e a própria questão ambiental. A promoção de expectativa de vida quer seja em momento presente ou no futuro, requer a restrição dos condicionantes da precarização socioambiental. Nesse sentido, intervir em tal complexidade – cujos arranjos sociais, econômicos, políticos e culturais, se estruturam em prol da lucratividade -, com vistas a interpor condições objetivas que sejam condignas à sociabilidade humana, depreende a intercessão de um posicionamento político cujas vertentes se orientam por princípios de defesa da equidade e da justiça social.

Por tal reflexão, considera-se o perfil profissional do assistente social, pois é de sua competência atuar “no campo social a partir de aspectos particulares da situação de vida da classe trabalhadora, relativos à saúde, moradia, educação, relações familiares, infraestrutura urbana” (IAMAMOTO; CARVALHO, 2014, p. 123), sendo nessas relações sociais do cotidiano que se dão os impactos sociais que, por vezes, estão sedimentados na própria relação humana com a natureza.

Por todas as concepções apresentadas, este trabalho, que é parte da pesquisa de Iniciação Científica intitulada “*Responsabilidade Social Empresarial e Transparência: uma análise do nível de evidenciação socioambiental das empresas do Rio Grande do Norte*” objetiva tecer uma análise crítica sobre a apreensão do Serviço Social em relação à questão ambiental. O procedimento metodológico utilizado consiste em revisão de literatura e pesquisa documental. O trabalho compreende a relação entre as categorias capitalismo e questão ambiental e Serviço Social e questão ambiental.

## 2 | O CAPITALISMO E A QUESTÃO AMBIENTAL

Por tempo contínuo e nas distintas sociedades, a natureza sempre se colocou como elemento imprescindível ao homem, sendo capaz de fornecer-lhe todos os substratos necessários à sua subsistência numa relação dinâmica. À medida que o homem foi se compreendendo um ser com proposição para a sociabilidade e passou a viver de forma coletiva, surgiu a necessidade de ‘criar’ ferramentas que lhe propusesse meios de transformar a natureza para garantir sua sobrevivência. “O trabalho é um processo entre o homem e a natureza, um processo em que o homem, por sua própria ação, media, regula e controla seu metabolismo com a natureza”. (MARX, 1983 apud NETTO; BRAZ, 2008, p. 31). Pela análise marxiana sobre trabalho, natureza e ser social, Netto e Braz (2008, p. 35), compreendem:

Por natureza entendemos o conjunto dos seres que conhecemos no nosso universo, seres que precederam o surgimento dos primeiros grupos humanos e continuaram a existir e a se desenvolver depois desse surgimento. Ela se compõe de seres que podem ser agrupados em dois grandes níveis: aqueles que não dispõem da propriedade de se reproduzir (a natureza inorgânica) e aqueles que possuem essa propriedade, os seres vivos, vegetais e animais (a natureza orgânica). A distinção entre os níveis inorgânico e orgânico, contudo, não significa a existência de uma dupla natureza - de fato, a natureza é uma unidade, articulando seus diferentes níveis numa totalidade complexa. (Grifo dos autores).

Essa confluência entre os sujeitos sociais e os elementos naturais faz conformar o meio ambiente, tornando mútua a relação social e ambiental. O ser humano na condição de ser social, depositário de conhecimento e valores, produzidos socialmente no decorrer do desenvolvimento histórico, assume-se como protagonista desse sistema, provoca novos rumos à sua base de sustentação e ao próprio meio do qual faz parte, o social. Nesse contexto, o trabalho é categoria fundamental no aprimoramento da capacidade humana, à medida que o homem transforma a natureza, se distancia daquela forma instintiva do trabalho e se aperfeiçoa como ser social. Desenvolve forma de comunicação, de fala e uma sociabilidade mais sofisticada que o faz atingir conhecimento no campo filosófico, artístico, científico, cultural.

Desse modo, à medida que o homem faz uso de tecnologias e se apropria dos meios de produção, conforma estes elementos ao encadeamento que mantinha com os meios naturais, o equilíbrio socioambiental passa a apresentar desgaste, sendo evidenciada a questão ambiental.

Por meio de análises do pensamento marxiano, o qual expõe as categorias Modo de Produção, Forças Produtivas e Relações Sociais de Produção, como prerrogativas do desenvolvimento histórico capitalista, Silva (2010) destaca que o capitalismo tem por essência uma contradição que atua “como expansão das potencialidades humanas e sua crescente diferenciação ante a natureza, ao mesmo tempo em que se tem convertido em crescente degradação e iniquidade humanas”. (SILVA, 2010, p. 31). Sendo esse desnivelamento, entre o desenvolvimento das forças produtivas e as relações sociais de produção (situação própria do capitalismo recente), o desencadeador da questão ambiental.

Nessa direção, Foladori (2001a) verifica que, diferentemente de qualquer outra espécie que se relaciona praticamente pela formação de bloco com seu respectivo meio abiótico e também com outras espécies vivas, buscando manter uma interdependência dinâmica, a relação na espécie humana não acontece em forma de blocos. A forma organizativa da sociedade preceitua a composição social por grupos e classes sociais. Enquanto as diferenças individuais das outras espécies vivas não se acumulam para formar classes distintas, ao contrário disso, “os seres humanos acumulam a informação extra-corporal em instrumentos, utensílios, espaços construídos etc. Mas esta acumulação não é da sociedade como um todo, mas de cada classe social que transmite às gerações seguintes aquilo que logrou”. (FOLADORI, 2001a, p. 118).

Em suas reflexões sobre o desenvolvimento sustentável e a questão dos limites físicos, Foladori (2001b), afirma que no decorrer das sociedades, os diferentes modelos sociais de produção são determinantes do tipo de recurso que se utiliza, da velocidade com que se desenvolve a técnica e do relacionamento com o meio ambiente. Desta forma, o modo de produção capitalista é o ponto de partida para a análise da questão ambiental, por ser responsável pela maior parte dos problemas ambientais. Trata-se de uma sociabilidade que ao invés de partir da forma, parte do conteúdo material e, mais ainda, do resultado desse material.

Observar a questão ambiental, por esse aspecto, é tecer denúncia ao Modo de Produção Capitalista (MPC) na degradação socioambiental. A degradação dos meios socioambientais se intensifica, em níveis elevados, a partir da invenção da máquina, pelo homem. Nesse contexto, os elementos fundamentais para a produção – terra, capital e trabalho – são transformados para atender ao princípio mais significativo do capitalismo, o lucro. O processo industrial, em maior ou menor grau, causa impactos negativos ao ecossistema (contaminação de solos, de rios e de águas subterrâneas; perturbação à fauna e à flora; depósitos indevidos de resíduos e erosão pelo processo de lixiviação; poluição por produtos químicos e gases; acidentes de trabalho; e está expresso nesse processo: meios de exploração da força de trabalho).

Fato é que o processo industrial tende a ocasionar desarranjos socioambientais. Dificilmente se terá operacionalização industrial totalmente limpa e isenta de todas as formas de degradação. Ademais, em desnível do parâmetro de evolução, tanto a indústria quanto os serviços já estão incorporados à cotidianidade humana no atendimento de suas necessidades básicas e de outras que, historicamente, foram se criando ou se resignificando. E, justamente por isso, faz-se importante influenciar os mais diversos atores sociais para a causa socioambiental. A sobrevivência da humanidade depende disso.

Moraes (2005), ao tecer considerações à gestão ambiental, infere que os contornos geradores da questão ambiental se concebem nas relações sociais, e, por isso, ela não deve ser analisada de forma ‘holística’, genérica, somente como produto ocasional da integração dos fenômenos naturais e sociais. A questão ambiental reside sim na relação homem-natureza, mas como uma faceta das relações entre os homens, sendo um produto resultante das decisões econômicas e políticas que, culturalmente, se dão no âmbito da sociabilidade humana. Nesse sentido, tem-se o pensamento de Netto e Braz (2008, p. 170):

[...]. A história do capitalismo – a sua evolução –, portanto, é produto da interação, da imbricação, da intercorrência do desenvolvimento de forças produtivas, de alterações nas atividades estritamente econômicas, de inovações tecnológicas e organizacionais e de processos sociopolíticos e culturais que envolvem as classes sociais em presença numa dada quadra histórica. E todos esses vetores não só se transformam eles mesmos: as suas interações também se alteram no curso do desenvolvimento do MPC.

Depreende-se que os constructos capitalistas e os seus arranjos (inclusive o sistema de financeirização que se avulta no século XXI) construíram um modelo de sociedade voltado para o crescimento econômico sem que o desenvolvimento humano fosse pensado concomitantemente. “Este amálgama das duas ideias também simplifica bastante a necessidade de se encontrar uma maneira de medir o desenvolvimento, pois basta considerar a evolução de indicadores bem tradicionais, como, por exemplo, o Produto Interno Bruto *per capita*” (VEIGA, 2008, p. 17), sintetizando tudo a um mesmo pacote, o do ‘desenvolvimento econômico’.

É a partir da década de 1960 que, timidamente, a diferenciação entre



desenvolvimento e crescimento econômico começa a ser pensada mais intensamente. Ao contrário dos países de capital avançado, que enriqueceram pela via da expansão industrial, os países pobres, semi-industrializados (entre os quais o Brasil) forçaram o crescimento industrial e econômico, mas sem projetar políticas públicas para o desenvolvimento humano. O acirramento da pobreza nesses países, limitante do acesso a bens materiais, culturais, educacionais, saúde, pelos mais pobres, impulsionou as agências internacionais a elaborarem documentos, relatórios, medidores dos níveis de pobreza e a estabelecerem parâmetros com o básico para a qualidade de vida. (VEIGA, 2008).

O Relatório Nosso Futuro Comum, popularizado *Relatório Brundtland* (1987) suscitou no mundo o conceito ‘desenvolvimento sustentável’, buscando evocar a humanidade para uma concepção de vida presente sem comprometer a capacidade de atendimento das necessidades das gerações futuras. A Comissão reflete os desajustes estruturais estabelecidos no mundo,

Há só uma Terra, mas não um só mundo. Todos nós dependemos de uma biosfera para conservarmos nossas vidas. Mesmo assim, cada comunidade, cada país luta pela sobrevivência e pela prosperidade quase sem levar em consideração o impacto que causa sobre os demais. Alguns consomem os recursos da Terra a um tal ritmo que provavelmente pouco sobrarão para as gerações futuras. Outros, em número muito maior, consomem pouco demais e vivem na perspectiva da fome, da miséria, da doença e da morte prematura. (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991, p. 29).

Embora a contextura desigual seja exposta como um impasse de ordem social a ser resolvido, no conceito de desenvolvimento sustentável, apresentado pela Comissão, não se incluem parâmetros para igualdade social. A Comissão faz as seguintes observações: a) “a pobreza generalizada já não é inevitável;” b) “é preciso atender às necessidades básicas de todos e dar a todos a oportunidade de realizar suas aspirações de uma vida melhor;” c) “o atendimento das necessidades requer não só uma nova era de crescimento econômico para as nações cuja maioria da população é pobre, como a garantia de que esses pobres receberão uma parcela justa dos recursos necessários para manter esse crescimento;” d) “um mundo onde a pobreza é endêmica estará sempre sujeito a catástrofes, ecológicas ou de outra ordem;” e) “para que haja um desenvolvimento global sustentável é necessário que os mais ricos adotem estilos de vida compatíveis com os recursos ecológicos - quanto ao consumo de energia, por exemplo;” f) “só se pode buscar o desenvolvimento sustentável se o tamanho e o aumento da população estiverem em harmonia com o potencial produtivo cambiante do ecossistema.” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991, p. 9-10). Conforme as reflexões de Lima (2016, s/p),

É imperativo ressaltar que a concepção de desenvolvimento contida no Relatório Brundtland orienta-se pela política neoliberal, apoiada nos mecanismos que favorecem a lógica do mercado no contexto da mundialização do capital. Nestes termos, a proposta de Desenvolvimento Sustentável foi apropriada pelo projeto hegemônico como alternativa viável para manter a acumulação capitalista em sintonia com o discurso do crescimento econômico e da sustentabilidade ecológica.

Outras teses intensificaram o debate sobre o desenvolvimento sustentável. O *Relatório Dag Hammarskjöld* (1975) refletiu mudanças nas estruturas de propriedades no campo, pelo controle dos produtores sobre os meios de produção. As teses do Clube de Roma e da Conferência de Estocolmo condenaram a busca incessante do crescimento econômico a qualquer custo, determinando o crescimento zero (MOREIRA, 2001), sobre o preceito de maior participação dos países, Nunes (2013, p. 200) explica que:

Sobre a ênfase à “maior cooperação entre os países”, aos discursos de participação e democracia, os documentos das conferências dispostos a discutir tal temática reforçam que a superação dos problemas do desenvolvimento e do meio ambiente seria uma tarefa comum a toda humanidade. Porém, ressalta-se que no sistema capitalista há uma desigualdade estrutural entre países considerados “em desenvolvimento” e os países “desenvolvidos”, própria de um sistema de dependência e dominação assentada na divisão internacional do trabalho que demonstra que os países possuem níveis de degradação diferentes que, por sua vez, atingirão de forma desigual a sociedade, visto que há uma diferenciação na capacidade de recuperação em decorrência das distintas condições sociais, econômicas, políticas, culturais e ambientais.

As ciências econômicas buscam desarticular a liberdade de produção da iminente realidade de esgotamento dos recursos naturais. Ao mesmo tempo em que a teoria convencional não desconsidera a possibilidade dos recursos naturais desaparecerem, no processo abusivo de seu uso, acredita que a natureza jamais se colocará como objeção à expansão econômica, tendo em vista que o progresso científico e tecnológico tem como suplantar debilidades. Pelas próprias mudanças nos constitutivos fundamentais do processo produtivo - trabalho social, capital produzido e recursos naturais -, seja qual for o elemento da biosfera que se mostre limitante às estruturas econômicas isso pode ser revertido (VEIGA, 2007).

De conclusão, no campo do desenvolvimento sustentável e sustentabilidade as mediações entre a questão ambiental e social perpassam diferentes interesses econômicos e sociais que se expressam nas relações sociopolíticas, sendo possível a defesa de teorias e conceitos diferenciados (MOREIRA, 2001).

### **3 | SERVIÇO SOCIAL E A QUESTÃO AMBIENTAL**

Na contemporaneidade, o pensamento ideopolítico do Serviço Social, no Brasil, tem se orientado por concepções que buscam desarraigar os sujeitos das amarras de exploração do capital. Desde o período de Reconceituação do Serviço Social, as dimensões teórico-metodológica, ético-política e técnico-operativa têm sido colocadas como prerrogativas de atenção a questões que perpassam a sociabilidade humana e o modo como se dão as relações e a reprodução social dos sujeitos nesta sociedade.

O projeto ético-político do Serviço Social tem por prerrogativa conectar-se a um determinado projeto societário, cujas diretrizes se vinculam aos rumos da sociedade como um todo. Ou seja, o dinamismo ocorrente numa sociedade, é ele mesmo

quem determina o percurso dessa sociedade. (TEIXEIRA; BRAZ, 2009). O Serviço Social, guiando-se por essa perspectiva e confiando ser possível uma transformação social, imprime importância ao estabelecimento de uma ordem societária que esteja preocupada com os elementos constitutivos dos meios que conformam a sociabilidade humana.

De acordo com Nunes (2013), a participação de profissionais do Serviço Social na área socioambiental se particulariza especialmente pelas possibilidades trazidas no artigo 4º da Lei 8.662/93, que dispõe sobre a profissão de Assistente Social, estabelecendo; “I - elaborar, implementar, executar e avaliar políticas sociais junto a órgãos da administração pública, direta ou indireta, empresas, entidades e organizações populares; II - elaborar, coordenar, executar e avaliar planos, programas e projetos que sejam do âmbito de atuação do Serviço Social [...]”

De igual modo, o Conselho Federal do Serviço Social (CFESS) disciplina sobre a competência profissional dos assistentes sociais. A inserção de tais profissionais na área de elaboração/e execução das políticas, tais quais habitação, meio ambiente, trabalho, permite o planejamento de programas e projetos que corroboram o ideário do desenvolvimento humano e ecológico, buscando conciliá-los às condições econômicas, conforme sintetiza Nunes (2013, p.202), em sua pesquisa:

[...], pontua-se que as possibilidades de atuação dos assistentes sociais na área socioambiental são visíveis, de forma mais expressiva no âmbito da elaboração de programas e projetos ambientais; em estudos de impactos socioambientais elaborados, principalmente, para efetuar as ações de remanejamento de população atingida por determinada obra; em situações de desastres; vinculadas aos processos de Educação Ambiental articulados à defesa da melhoria na qualidade dos serviços prestados pelas instituições às quais se vinculam, dentre outras. [...]

O fazer profissional dos assistentes sociais se configura em trabalhos desenvolvidos em equipes multiprofissionais e na relação direta com os indivíduos, famílias e comunidades visando o fortalecimento desses atores sociais pela garantia dos direitos fundamentais. É um trabalho que se propõe alcançar o indivíduo em toda a sua dimensão no “enfrentamento das diferentes expressões da questão social, abrangendo os direitos humanos em sua integralidade, não só a partir da ótica meramente orgânica, mas a partir de todas as necessidades que estão relacionadas à sua qualidade de vida” (RESOLUÇÃO CFESS Nº 557/2009), podendo-se compreender uma participação ativa em todas as áreas nas quais o homem seja componente.

Desse modo, para o Serviço Social é importante compreender os valores que se conformam no interior do pensamento capitalista e suas consequências para a sociedade e para a classe trabalhadora. De comum, por seus imbricamentos, tanto a questão ambiental quanto a social findam por se consubstanciar em uma única questão, a de ordem socioambiental. Como exemplo, nos constructos do desenvolvimento econômico do Brasil, no século XX, no momento da expansão urbano-industrial, a forma como o meio ambiente foi sendo reconfigurado, reorganizado, permitiu a reprodução de mazelas sociais.

Um resgate histórico permite apreensão de que ainda na fase incipiente da expansão industrial, quando as empresas confluíram para os centros das cidades, formando conglomerados, o ímpeto por trabalho excedente prosperou de tal modo, que “a população operária se constituiu em uma minoria [...] marginalizada social e ecologicamente dentro das cidades” (IAMAMOTO; CARVALHO, 2014, p. 137), sobrevivendo e trabalhando em condições ínfimas de saúde. As condições objetivas se restringiam a moradias em bairros insalubres junto às aglomerações industriais, havendo carência de saneamento básico, água e energia elétrica; ou seja, condições insalubres de vida. A ausência de normativas e diretrizes para o controle da gestão empresarial fez acirrar os acidentes de trabalho, a exploração da força de trabalho, o uso abusivo dos recursos naturais (IAMAMOTO; CARVALHO, 2014).

O desenvolvimento humano prevê o atendimento das necessidades que são inerentes ao homem, e é isso o direito à habitação salubre; à rede de esgoto; à água tratada; à alimentação saudável, sem contaminação por veneno ou agrotóxico; à segurança no trabalho, entre outras observações. A ausência dessas políticas ou a minimização delas acaba gerando desequilíbrios que se estendem a áreas da saúde, do sócio jurídico, da assistência, da previdência, sendo todos espaços sócios ocupacionais nos quais o Serviço Social partilha trabalho e conhecimento.

#### **4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conforme descrito no corpo deste trabalho, a relação natural que se criou entre o homem e a natureza, desde os primórdios, foram sucumbindo à medida que o homem foi se constituindo um ser social mais autônomo, com possibilidade de novas criações e reprodução. Configurando isso uma proposição política e econômica na qual o modo de produção estabeleceu elementos integrativos - os quais meios de trabalho, objetos de trabalho e força de trabalho -, que, pactuados, fizeram conformar socialmente expressões da riqueza, crescimento tecnológico e científico, mas também as desigualdades que contribuem para a sustentação do sistema capitalista.

Depreende-se, entretanto, que precisam ser pensadas formas de refutação aos aspectos mais agressivos do capitalismo sobre a sociedade, visto que, em contraposição ao pensamento conservador das ciências econômicas, o qual verifica no desenvolvimento tecnológico uma perspectiva de substituição daqueles recursos naturais em colapso. Em verdade os substratos naturais não são produtos que se multiplicam segundo vontade humana, a natureza tem seu dinamismo próprio, não sendo possível subordiná-la completamente às ferramentas tradicionais de análise ou substituição. A sua funcionalidade depende da inter-relação que mantém com todas as partes que movem o universo.

Contudo, a despeito dos diversos espaços e segmentos da sociedade civil, como as Organizações Não Governamentais (ONGs), movimentos ambientalistas e

o próprio poder público e privado que têm se preocupado em induzir uma consciência social e ecológica de valorização do meio ambiente, buscando refrear a degradação ambiental.

Ainda que no modelo societário capitalista a priorização seja o mercado financeiro, no plano da elaboração das políticas públicas, o Estado atua como um articulador buscando coordená-las por políticas econômicas e sociais. Por esse viés compete aos profissionais do Serviço Social desenvolver e executar programas, projetos, políticas, sobre o tema buscando intervir na questão, visto que as condições de vida condizentes ao homem devem contemplá-lo em sua totalidade.

## REFERÊNCIAS

CFESS. **Legislação e Resoluções sobre o Trabalho do/a Assistente Social**. Brasília/CFESS, 2011. 188 p.

FOLADORI, G. O capitalismo e a crise ambiental. **Revista Outubro**, São Paulo, n. 5, p.117-1225, 2001a.

\_\_\_\_\_, O Desenvolvimento Sustentável e a Questão dos Limites Físicos. In: Limites do Desenvolvimento Sustentável, São Paulo: Unicamp, 2001b.

IAMAMOTO, M.; CARVALHO, Raul de. **Relações sociais e Serviço Social no Brasil**: esboço de uma interpretação histórico-metodológica. 41. ed. São Paulo: Cortez, 2014.

LIMA, A. **“O Futuro que não Queremos”**: análise crítica do desenvolvimento sustentável e da economia verde no âmbito da Rio + 20. Brasília: CFESS/ABEPSS, 2016. Disponível em: < <http://www.cfess.org.br/arquivos/AndreaLima-NotaTecnica.pdf> > . Acesso em: 20 mar. 2017.

MORAES, A. C. Robert. **Meio ambiente e Ciências Humanas**. São Paulo: Annablume, 2005.

MOREIRA, R. J. Críticas ambientalistas à revolução verde. **Estudos sociedade e agricultura**, Rio de Janeiro, n. 15, p. 39-52, mar./2001.

NETTO, José Paulo; BRAZ, Marcelo. **Economia política**: uma introdução crítica. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2008.

NOSSO FUTURO COMUM. **Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430 p.

SILVA, Maria das Graças e. **Questão ambiental e desenvolvimento sustentável**: uma desafio ético-político ao Serviço Social. São Paulo: Cortez, 2010.

NUNES, L. S. A questão socioambiental e a atuação do assistente social. **Textos e Contextos**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 196 – 212, jan./jun. 2013.

TEIXEIRA, J. B.; BRAZ, Marcelo. O projeto ético-político do Serviço Social. **Serviço Social**: Direitos Sociais e Competências Profissionais. Brasília, CEFESS/ABEPSS, 2009.

VEIGA, José Eli da. Desenvolvimento sustentável: alternativas e impasses. In: KEINERT, T. M. M. (Org.). **Organizações sustentáveis**: utopias e inovações. São Paulo: Annablume; Belo Horizonte: Fapemig, 2007. p. 21-42.

\_\_\_\_\_. **Desenvolvimento sustentável**: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

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

### **Neuma Rúbia Figueiredo Santana**

Doutora em desenvolvimento e meio ambiente.  
Email rubiafs@gmail.com

### **Antenor de Oliveira Aguiar Netto**

Prof. da UFS Campus São Cristovão/SE email,  
inajafrancisco@gmail.com

### **Inajá Francisco de Souza**

Prof. da UFS Campus São Cristovão/SE email,  
Antenor.ufs@gmail.com

### **Carlos Alexandre Borges Garcia**

Prof. da UFS Campus São Cristovão/SE email,  
email cgarcia@ufs.br

**RESUMO:** A água reflete as condições ambientais de um rio, sendo assim, conhecer a sua qualidade amplia o entendimento sobre o ecossistema aquático e possibilita detectar ações antrópicas que afetam as atividades humanas e a manutenção dos processos ecológicos. O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água na foz do rio São Francisco e suas ações antrópicas. A foz do rio São Francisco está localizada entre os estados de Sergipe e Alagoas apresenta uma planície fluviomarina constituída por várzeas e terraços fluviais e marinhos. Utilizou-se sonda Multiparâmetros HI9828 durante os meses de fevereiro, março, abril, maio, setembro, novembro de 2015 e março de 2017. Dentre os resultados a concentração média

da condutividade elétrica chegou a atingir 13130,00 ( $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ) e sólidos totais dissolvidos 7.522  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Na foz do rio São Francisco observou-se que o pH com característica alcalina na maior parte dos pontos avaliados, a condutividade e sólidos totais dissolvidos em valores significantes, porém, caracterizando indicativo de sais marinhos, isto porque a turbidez não demonstrou altas concentrações de sedimentos ou partículas elementares que favorecem o aumento da turbidez nas águas.

**PALAVRAS CHAVE:** Condutividade; Ações antrópicas e ecossistema aquático

**ABSTRACT:** Water reflects the environmental conditions of a river, so knowing its quality broadens the understanding of the aquatic ecosystem and makes it possible to detect anthropic actions that affect human activities and the maintenance of ecological processes. The present study had as objective to evaluate the water quality in the mouth of the São Francisco river and its anthropic actions. The mouth of the river São Francisco is located between the states of Sergipe and Alagoas presents a fluvial plain consisting of river and river basins and terraces. During the months of February, March, April, May, September, November, 2015, and March 2017, the HI9828 multiparameter probe was used. Among the results, the mean electrical conductivity reached 13130.00 ( $\mu\text{S}/$



cm<sup>-1</sup>) and solids total dissolved 7,522 mg.L<sup>-1</sup>. At the mouth of the São Francisco river, it was observed that pH with alkaline characteristic in most of the evaluated points, the conductivity and total solids dissolved in significant values, however, characterizing indicative of marine salts, this because the turbidity did not demonstrate high concentrations of sediments or particles that favor the increase of water turbidity.

**KEYWORDS:** Conductivity; Anthropogenic actions and aquatic ecosystem

## 1 | INTRODUÇÃO

A água reflete as condições ambientais de um rio, sendo assim, conhecer a sua qualidade amplia o entendimento sobre a hidrodinâmica desse ecossistema. Para Oliveira, Campos e Medeiros (2010) verificar se um determinado corpo d'água possui condições satisfatórias é assegurar seus usos, porém, se faz necessário efetuar caracterização físico químicas, ou seja, avaliar a sua qualidade e comparar seus dados conforme classificação da Resolução CONAMA 357/05 e Portaria MS 2914/2011. O processo de avaliação depende fundamentalmente da escolha de parâmetros representativos para identificação do perfil degradador (OLIVEIRA, CAMPOS e MEDEIROS, 2010).

Devido ao crescimento populacional e econômico as necessidades de geração de energia, alimentos e uso do solo tornam-se intensas provocando modificações nos recursos naturais. Essas modificações refletem impactos de grande magnitude que de forma direta ou indiretamente podem afetar a qualidade das águas e limitar o seu uso. A foz do rio São Francisco é uma área de extrema beleza natural e de relevância econômica para população local e está agregada na divisão geográfica do baixo São Francisco, entre os municípios de Brejo Grande/SE e Piaçabuçu/AL. Mediante ao exposto este trabalho teve como objetivo caracterizar a qualidade da água na área da foz do rio São Francisco e suas ações antrópicas e a possível limitação quanto ao usos.

## 2 | METODOLOGIA

A menor região fisiográfica da bacia é representada pelo baixo São Francisco, correspondendo a 4% da área da bacia hidrográfica entre Xingó e a foz no oceano Atlântico. Localizada entre os paralelos de 8° e 11° de Latitude Sul e os meridianos de 36° e 39° de Longitude Oeste, com expansão territorial de 23.546,32km<sup>2</sup> representa a porção mais ocidental da bacia hidrográfica do São Francisco (CAVALCANTI, 2011; LIMA et al 2010). A foz do rio São Francisco localizada entre os estados de Sergipe e Alagoas (Figura 1) apresenta uma planície fluvio-marinha constituída por várzeas e terraços fluviais e marinhos formados por depósitos quaternários e morros arredondados esculpidos em rochas sedimentares e cercado por tabuleiros costeiros (SANTOS,

2010). As definições de pontos amostrais ao longo da Foz do rio São Francisco. O ambiente estuarino é regido pela influência das oscilações das marés. Dessa maneira em regime de maré de sizígia (maior amplitude) e quadratura (menor amplitude) realizou-se a medição de salinidade por meio da sonda multiparamétrica HI9828 da HANNA, nos pontos estabelecidos para coleta. A sonda registrou condutividade elétrica, Turbidez, Sólidos Totais e pH.

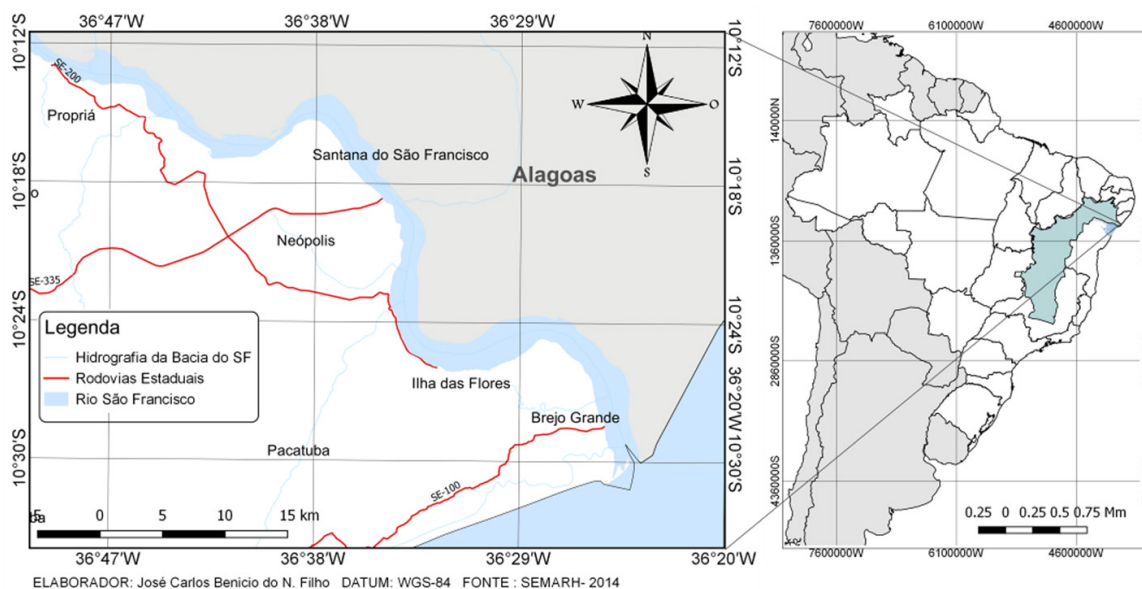


Figura 1: Mapa da Bacia hidrográfica do rio São Francisco, suas regiões fisiográficas em destaque o Baixo São Francisco.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os valores na Tabela 1 o ponto 17 apresentou o valor de pH 6,80 sendo este considerado o menor índice desse parâmetro durante a pesquisa e o P14 registrou pH em torno de 9,47 este considerado o maior valor. Os pontos 14 e 17 localizam-se na região estuarina a margem do município de Brejo Grande/SE, o ponto 14 está inserido dentro da faixa de significância interferência da salinidade, segundo Cavalcanti, Miranda e Medeiros (2017) informam que em período de baixamar (Pequenas marés) as águas salinas penetram até 6,8km da área da foz o que pode estar relacionado ao registro do valor máximo de pH encontrado no ponto 14. Oliveira, Campos e Medeiros (2010) complementam que alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar a extinção da biota. De modo geral os valores encontrados estão dentro da faixa estabelecida pela Resolução Conama 357/2005 a qual prevê aceitabilidade para o pH entre 6 a 9 para fins de enquadramento do corpo d' água.

Parâmetros	Pontos de análise							
	P7	P11	P14	P24	P27	P29	P17	
pH	Média	8,28	8,20	8,18	7,86	7,71	7,63	7,65
	Mínimo	7,64	7,58	7,47	7,26	6,97	7,18	6,80
	Máximo	8,66	8,54	9,47	8,52	8,26	7,90	8,26

Tabela 1: Estatística descritiva para as variáveis de pH da água na foz do rio São Francisco coluna d'água Sergipe. Meses de Fevereiro, Março, abril, maio, novembro de 2015 e março de 2016.

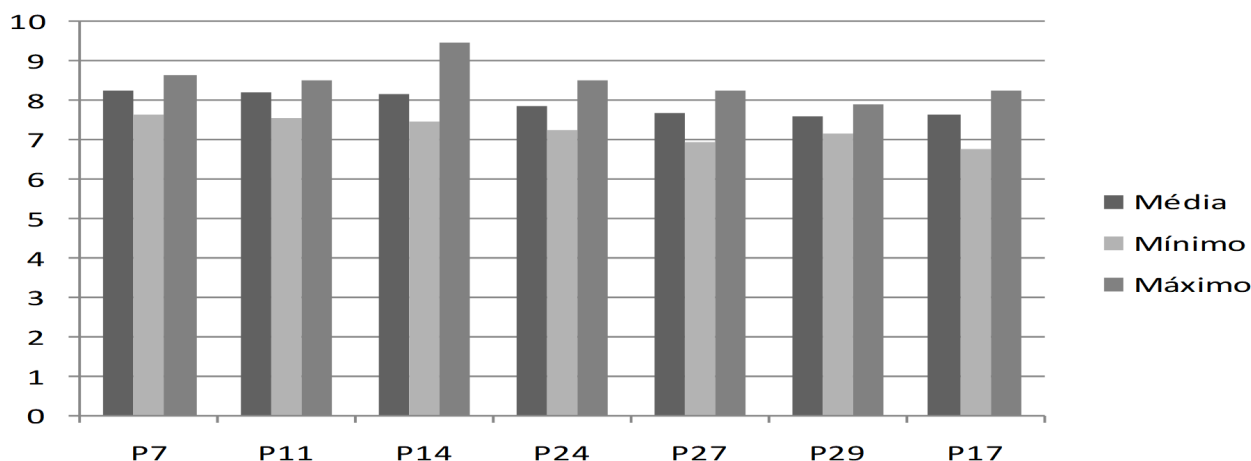


Figura 2: Valores de pH da água na foz do rio São Francisco coluna d'água Sergipe. Meses de Fevereiro, Março, abril, maio, novembro.

Os sólidos totais também, são considerados um dos parâmetros relacionados a condutividade elétrica e a turbidez. Silva (2013) informa que os sólidos totais dissolvidos estão diretamente proporcionais a condutividade elétrica. Os valores sólidos totais dissolvidos variaram entre  $7,0 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $6566,00 \text{ mg.L}^{-1}$  apresentados na Tabela 2. A maior concentração de sólidos totais dissolvidos registrado ocorreu no ponto 7. Valores de sólidos totais acima de  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  também foi registrado por Saraiva et al (2009) em sua pesquisa no córrego Lavagem, a montante de sua foz no ribeirão Espírito Santo. De acordo com a Tabela 2 apenas os pontos 24 e 29 apresentaram valores dentro do especificado pela Resolução CONAMA 357/2005. A turbidez refere-se a quantidade de partículas em suspensão, essas partículas pode dificultar a transmissão de luz alterando a vida no meio aquático. Refere-se à quantidade de partículas em suspensão na água. É inversamente proporcional à disponibilidade de radiação solar, a qual é essencial à produção primária de um ecossistema (ALVES et al, 2012). De acordo a Resolução CONAMA 357/2005 que estabelece o limite de turbidez até 40FNU para classe 1 e de 100FNU para a classe 2, apenas o ponto 7 e 27 estão dentro do limite para classe 2, os demais pontos enquadram-se na classe 1, (Tabela 3).

Os maiores valores foram registrados em março de 2016 em período seco e em período de maré sizígia. Lima (2007) avaliando a turbidez no estuário do rio Jacuípe/BA também registrou valores de turbidez entre 50 a 80 FNU em período de sizígia e em momento de estação seca, coincidindo com a pesquisa. Cunha et al (2005) acrescenta que águas superficiais em rios estuarinos apresentam redução de teores

dessa variável na estação chuvosa, devido ao aumento de vazão, pois a oferta pluvial favorece a diluição e autodepuração das águas.

Parâmetros	Pontos de análise							
		P7	P11	P14	P24	P27	P29	P17
Sólidos Totais (ppm)	Média	3463,35	2206,16	3263,40	159,47	833,83	181,67	783,17
	Mínimo	14,40	27,78	19,38	10,50	7,00	57,00	54,00
	Máximo	6566,00	5001,00	6289,00	441,00	2293,00	384,00	2293,00

Tabela 2: Estatística descritiva para as variáveis de qualidade da água na foz do rio São Francisco coluna Sergipe. Meses de Fevereiro, Março, abril, maio, novembro de 2015 e março de 2016.

Parâmetros	Pontos de análise							
		P7	P11	P14	P24	P27	P29	P17
Turbidez (FNU)	Média	40,87	15,92	15,43	14,15	47,07	10,72	7,20
	Mínimo	7,80	7,50	7,00	7,60	4,40	4,00	3,10
	Máximo	99,10	29,30	38,20	38,40	231,00	25,90	17,00

Tabela 3: Estatística descritiva para as variáveis de qualidade da água na foz do rio São Francisco coluna Sergipe. Meses de Fevereiro, Março, abril, maio, novembro de 2015 e março de 2016.

Os valores da Condutividade elétrica variaram entre 13,00 ( $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ) a 13130,00 ( $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ) (Tabela 3), onde o maior valor foi registrado no Ponto 7 e o menor valor no Ponto 29. Para Esteves (1998) a condutividade elétrica é a medida da capacidade da água em conduzir corrente elétrica. Fritzsos, Mantovani, Chaves Neto e Hindi (2009) complementam que condutividade elétrica, por sua vez, fornece uma indicação da salinidade de uma solução ou, de forma aproximada, do grau de mineralização das águas.

O maior valor registrado ocorreu em maio de 2015, momento de maré de sizígia e período chuvoso, cabe destacar que o Ponto 7 fica na entrada na foz do rio São Francisco. Para a CETESB (2010) apresenta que níveis acima de 100 ( $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ) em água doce indica ambientes impactados. Entretanto, a condutividade elétrica em ambientes fluvio estuarino podem apresentar valores correlacionados com a salinidade. Baldotto e Canellas (2011) informam que a influencia do mar é caracterizada pelo aumento de pH, força iônica e condutividade elétrica.

Parâmetros	Pontos de análise							
		P7	P11	P14	P24	P27	P29	P17
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ )	Média	4788,21	4482,28	5181,46	318,65	944,71	362,83	844,21
	Mínimo	31,44	55,38	40,74	17,37	13,00	113,00	46,26
	Máximo	13130,00	10000,00	12570,00	883,00	4509,00	767,00	4509,00

Tabela 3: Estatística descritiva para as variáveis condutividade elétrica, salinidade e temperatura da água na foz do rio São Francisco coluna Sergipe. Meses de Fevereiro, Março, abril, maio, novembro de 2015 e março de 2016.

Chama-se atenção que os pontos avaliados ficam próximos ao ponto de captação de água para abastecimento do povoado Saramém (Figura 3). Ressalta-se que as águas da foz do rio São Francisco tem enfrentado impactos ambientais gerados pela construção das grandes barragens, sendo esta a região mais impactada ao longo do rio. Com os fatos há indícios que esta região é sem dúvida a maior vulnerabilidade hidroambiental de todo o trecho da bacia hidrográfica do São Francisco (ANA, 2003).

Martins et al (2011) destacam ainda que os barramentos causaram efeitos diretos no baixo São Francisco, dentre estes a redução do número de espécies de peixes e invertebrados, redução dos níveis de deposição de sedimentos e nutrientes na planície de inundação, impedimentos à navegação, alterações nos processos biofísicos dos estuários, redução da recarga subterrânea e comprometimento da disponibilidade hídrica para os múltiplos usos.



Figura 3: Bomba de captação de água para consumo operada pela companhia estadual de saneamento do estado de Sergipe, para abastecer o povoado Saramém.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na foz do rio São Francisco observou-se que o pH com característica alcalina na maior parte dos pontos avaliados, a condutividade e sólidos totais dissolvidos em valores significantes, porem, caracterizando indicativo de sais marinhos, isto porque a turbidez não demonstrou altas concentrações de sedimentos ou partículas elementos que favorecem o aumento da turbidez nas águas. Alteração das características da qualidade da água em detrimento a diminuição do volume útil dos reservatórios existentes a jusante do rio São Francisco podem ocasionar comprometimento a água de consumo, visto que, a captação é realizada de modo superficial em canal próximo



a foz do rio São Francisco.

## REFERÊNCIAS

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta amazônica*. vol. 42(1) 2012: 115 – 124

ANA - Agência Nacional de Águas. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açu (Relatório). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas, 2014.

BRASIL, Resolução CONAMA 357/2005. **Classificação dos corpos d'água e diretrizes para o seu enquadramento e condições e padrões de lançamento de efluentes**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/>>. Acesso em 03 de março de 2009.

BALDOTTO, M. A.; CANELLAS, L. P. Capacidade de oxidação como índice de estabilidade da matéria orgânica de sedimentos de acordo com gradiente fluvial-estuarino do rio Paraíba do Sul. *Quim. Nova*, Vol. 34, No. 6, 973-978, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914/MS de 2011

CASTRO, PETER; HEBER, M. E. *Biologia Marinha*. 8. Ed. Porto Alegre:AMGH, 2012. 461p

CAVALCANTE, G.; MIRANDA, L. B.; MEDEIROS, P. R. P. Circulation and salt balance in the São Francisco river Estuary (NE/Brazil). *RBRH*, Porto Alegre, v. 22, e31, 2017.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB (2010) Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB. 41 p

CUNHA, A. C.; CUNHA, H. F.; SOUZA, J. A.; NAZARÉ, A.; PANTOJA, S. Monitoramento de Águas Superficiais em Rios Estuarinos do Estado do Amapá sob Poluição Microbiológica. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, v. 1, n. 1, p. 191-199, 2005.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. 3 ed. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2011.

FRITZSONS, E; MANTOVANI, L. E; CHAVES NETO, A; HINDI, E. C. A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. 2009, vol.14, n.3, pp.381-390. ISSN 1413-4152.

LIMA, G. M. P. Caracterização sedimentológica e dos padrões de circulação e mistura do estuário do rio Jacuípe - litoral norte do estado da Bahia. Dissertação Instituto de geociências curso de pós-graduação em geologia. UFBA. 85p

MARTINS, D. M. F.; CHAGAS, R. M.; MELO NETO, J. O. M.; MELLO JUNIOR, A. V. Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.15, n.9, p.1054–1061, 2011.

OLIVEIRA, C. N. O.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. *Quim. Nova*, Vol. 33, No. 5, 1059-1066, 2010.

SANTOS, L. C. M. Sistema estuarino lagunar do rio São Francisco, zona costeira de Sergipe: Uso e cobertura da terra e diagnóstico ambiental dos manguezais. Dissertação. Departamento de pós graduação em Ciências Ambientais da Universidade de São Paulo-USP. 2010. 130p

SARAIVA, V. K.; NASCIMENTO, M. R. L.; PALMIERI, H. E. L.; JACOMINO, V. M. F. Avaliação da



qualidade de sedimentos - estudo de caso: sub-bacia do Ribeirão Espírito Santo, afluente do Rio São Francisco. *Quím. Nova* [online]. 2009, vol.32, n.8

SILVA, M. G. Modelagem ambiental na bacia hidrográfica do rio Poxim – Açu/SE e suas relações antrópicas. Tese de doutorado. Departamento de 108 desenvolvimento e meio ambiente. Universidade Federal de Sergipe. 2013. 224p

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

**Walter José Rodrigues Matrangolo**

Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Virgínio Augusto Diniz Gonçalves,**

Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Savanna Xanti Gomes**

Universidade Federal de São João del-Rei,  
Campus Sete Lagoas, MG

**Iago Henrique Da Silva**

Universidade Federal de São João del-Rei,  
Campus Sete Lagoas, MG

**Leila de Castro Louback Ferraz**

Universidade Federal de São João del-Rei,  
Campus Sete Lagoas, MG

**Mônica Matoso Campanha**

Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**RESUMO:** A diversificação das fontes de matéria orgânica é fundamental para ampliar a resiliência das atividades produtivas de base agroecológica em comunidades rurais, periurbanas e urbanas. As fontes tradicionais de matéria orgânica (esterco de gado ou de aves) por vezes não estão disponíveis ou não são adequadas a todos os sistemas produtivos agroecológicos ou orgânicos. Leguminosas são uma das alternativas para o fornecimento de matéria orgânica, como *Cratylia argentea*. O trabalho teve o objetivo de descrever o manejo inicial de *C. argentea* e seu desempenho em sistema de aleia. Em área de 160 m<sup>2</sup>, *C.*

*argentea* foi cultivada em sistema de aleias, recebendo duas podas de condução e podas periódicas com intervalo mínimo de três meses. Em um período de quatro anos e oito meses (56 meses), foram produzidos 117,2 t.ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca de folhas da leguminosa que gerou um aporte de N da ordem de 1.336,9 kg.ha<sup>-1</sup>(ou cerca de 290 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), além de outros minerais reciclados. *C. argentea* utilizada como adubo verde, em sistema de aleias, tem potencial para a revitalização mineral do solo, pela promoção do aporte de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** matéria orgânica, sistemas agroecológicos de produção, camaratuba, adubo verde, ciclagem de nutrientes.

**ABSTRACT:** Diversification of organic matter sources is important to increase the resilience of agroecological-based productive activities in rural, peri-urban and urban communities. Traditional sources of organic matter (livestock or poultry manure) may not be available or suitable for all agroecological or organic production systems. Leguminous plants are alternatives to supply organic matter such as the specie *Cratylia argentea*. The work had the objective of describing the initial management of *C. argentea* and its performance in the allele system An area of 160 m<sup>2</sup> was cultivated with *C. argentea* in alley system, receiving two prunings

of conduction and maintenance prunings, with minimum interval of three months. At 56 months (4.7 years) were produced 117.2 ton ha<sup>-1</sup> of dry matter of leaves, representing 1,336.9 kg ha<sup>-1</sup> of N, among other nutrients (286.5 kg.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>). *C. argentea* in alley systems production could be used as a green manure, with potential for the mineral revitalization of the soil by the input of organic matter and nutrient cycling.

**KEY WORDS:** organic matter, agroecological production systems, camaratuba, green manure, nutrient cycling

## 1 | INTRODUÇÃO

Políticas públicas que estimulam a produção agroecológica de alimentos e a vinculam à alimentação escolar (PNAE – Programa Nacional de Alimentação Escolar) vêm ampliando o número de hortas (rurais, urbanas, periurbana e escolares). A diversificação das fontes de matéria orgânica é fundamental para ampliar a resiliência das atividades produtivas de base agroecológica.

Sistemas agrobiodiversos têm raízes profundas na cultura brasileira: tradicionalmente, a comunidade quilombola Kalunga utiliza espécies arbóreo-arbustivas nativas em sistema de sucessão para a produção de milho e arroz. Antes da semeadura dos cereais, as plantas que crescem na área de cultivo recebem poda drástica. Na Figura 1, é possível observar, em área de cultivo em pousio, os restos das plantas de milho e a rebrota da vegetação nativa.



Figura 1. Restos da cultura de milho cultivado em sucessão, após poda drástica de vegetação nativa, na comunidade quilombola Kalunga, que abrange parte dos municípios de Cavalcante, Monte Alegre e Teresina de Goiás, GO. 2016.

Estercos de gado e aves são importantes como fontes de matéria orgânica e nutrientes em muitas pequenas agriculturas. Tal modelo apresenta algumas importantes implicações relativas à disponibilidade, segurança, qualidade e preço do material orgânico. Em hortas escolares, por exemplo, o uso de esterco nem sempre é recomendável, considerando a possibilidade de conter contaminantes biológicos e/ou químicos. A oferta sazonal e instável de esterco animal e a possível presença indesejada

de sementes de espécies de plantas espontâneas, além de insetos, fitopatógenos ou resíduos de produtos químicos utilizados no tratamento da criação animal (vermífugos, carrapaticidas, hormônios, vacinas, entre outros), de patógenos transmissíveis ao ser humano (as bactérias *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Listeria*, *Streptococcus* spp., *Clostridium* spp., os protozoários *Giardia*, *Cryptosporidium* e ameba – causadores de diarreias, além de diferentes tipos de vírus) sugerem a necessidade de identificar alternativas às fontes de matéria orgânica de origem animal. Quando o material orgânico é gerado no próprio local, como no caso da fitomassa de leguminosas, fica eliminada a possibilidade de introdução de contaminantes externos. Há ainda os benefícios da redução do custo do transporte do insumo, como ocorre com o transporte do esterco vindo de fora da propriedade e da redução do custo de produção pela diminuição de aquisição de adubos químicos, considerando que as leguminosas acrescentam aos sistemas produtivos nutrientes resgatados do solo e o N do ar.

As leguminosas perenes podem reduzir a demanda por mão de obra (um plantio apenas, de longa duração) quando comparadas com as leguminosas anuais ou semiperenes, que demandam semeaduras frequentes. Ao serem podadas periodicamente, as leguminosas perenes fornecem matéria orgânica sem concorrer com a área de produção.

Uma possibilidade está no uso da leguminosa perene *Cratylia argentea* em sistema de aleia. Suas raízes profundas lhe conferem grande resistência à seca, sendo produtiva, nutritiva, com grande capacidade de rebrota e com elevados teores de nitrogênio, crescendo mesmo em solos empobrecidos e ácidos (RAMOS et al., 2003). A espécie vem sendo utilizada na alimentação de gado em alguns países da América Latina, como Bolívia, Colômbia, Costa Rica, México, Nicarágua, Peru e Venezuela. Essa leguminosa arbustiva foi selecionada como promissora para suplementação alimentar na estação seca, principalmente em regiões com solos ácidos e estações secas prolongadas (PETERS & SCHULTZE-KRAFT, 2002). Com ramos flexíveis, sem espinhos, pouco lenhosos e com excelente capacidade de rebrota, *C. argentea* permite que sua arquitetura seja moldada de acordo com a finalidade desejada, podendo se comportar como liana (trepadeira) quando tutorada. Desde 2008, é estudada na Embrapa Milho e Sorgo com o objetivo de aumentar o conhecimento sobre a espécie e, assim, favorecer sua participação em sistemas agroecológicos de produção (MATRANGOLO et al., 2013).

O objetivo deste trabalho foi descrever o manejo inicial de *C. argentea* e seu desempenho em sistema de aleia, a produção da fitomassa e o aporte de macro e micronutrientes nas condições da região central de Minas Gerais.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Na área experimental da Fazenda da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, chamada de Vitrine Tecnológica, no dia 1º de março de 2013, foram transplantadas

120 mudas de *C. argentea* com cerca de 60 dias de idade, espaçadas entre si por 0,5 m, dispostas em três linhas paralelas com o comprimento de 20 m, totalizando 40 plantas por fileira, distanciadas entre si por 4 m, com uma área interna total de 160 m<sup>2</sup> entre as três faixas (Figura 2).



Figura 2. Mudanças de *Cratylia argentea* em sistema de aleia, transplantadas no dia 1º de março de 2103 na área da Vitrine de Tecnologias da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Características do solo: latossolo vermelho, argiloso, profundo, corrigido com calcário e adubação potássica há mais de 05 anos. Apresenta matéria orgânica média (3,3 dag/kg), pH ligeiramente ácido (5,4), alto cálcio, saturação por base acima de 50%, com potássio alto em superfície e baixo em subsuperfície (efeito da ciclagem de planta de cobertura). A saturação por base decorre principalmente dos altos teores de Ca. Foram efetuados os seguintes manejos nas plantas: duas podas de condução iniciais e podas drásticas periódicas, com intervalo mínimo de três meses. Não foi utilizada calda protetora dos cortes após as podas. A condução do sistema de aleias com 120 plantas de *C. argentea* deu-se conforme mostra a Figura 3.



Figura 3. Esquema ilustrativo do manejo temporal de plantas de *C. argentea* em sistema de aleia nos primeiros três anos de implantação. As folhas e ramos das plantas foram depositadas sobre o solo, entre as fileiras.

A 1ª poda de condução foi realizada antes de as plantas completarem seis meses de transplante (Figura 4). *C. argentea* produz longas brotações, que podem alcançar dois metros de comprimento no primeiro ano de idade da planta, o que exige a poda do ponteiro. A altura foi limitada a um metro, para evitar o arqueamento do fino tronco em formação.





Figura 4. Aspecto das plantas no dia 22 de agosto de 2013 quando foi efetuada a 1ª poda de condução, com retirada dos ponteiros (ramo principal).

Sem podas periódicas ou sem um apoio ou tutor próximo, seus ramos flexíveis e bastante enfolhados tendem a tombar e a planta torna-se um arbusto prostrado. Para algumas plantas, que desenvolveram fuste principal tortuoso, foi necessário o escoramento com estacas. Na 2ª poda de condução manteve-se a altura de um metro e eliminaram-se apenas as brotações mais baixas, geradas por causa da supressão da brotação apical (Figura 5).



Figura 5. Aspecto das plantas no dia 7 de outubro de 2013, mostrando que na 2ª poda de condução foram retiradas as brotações laterais baixas.

As podas drásticas posteriores ocorreram em intervalos mínimos de 90 dias, quando todas as brotações laterais, ramos e suas folhas foram podadas, pesadas, o material foi dividido em duas partes, e cada uma destas partes foi espalhada da forma mais homogênea possível sobre o solo das entrelinhas (Figuras 6 a 24). Foram cultivados milho e feijão nas entrelinhas, com o objetivo de demonstrar o impacto da adubação com a fitomassa de *C. argentea* na fertilidade do solo. Tais resultados não serão aqui discutidos por não ser esse o foco desse capítulo.





Figura 6. Aspecto das plantas no dia 13 de novembro de 2013 antes e após a 1ª poda drástica.



Figura 7. Aspecto das plantas no dia 27 de janeiro de 2014, antes e após a 2ª poda drástica.



Figura 8. Aspecto das plantas no dia 29 abril de 2014, antes e após a 3ª poda drástica.



Figura 9. Aspecto das plantas no dia 29 de outubro de 2015, antes e após a 9ª poda drástica.





Figura 10. Aspecto das plantas e situação da área em 15 de dezembro de 2015, após 47 dias da última poda, realizada dia 29/10/2015.



Figura 11. Aspecto das plantas e situação da área em 23 de fevereiro de 2016, após 26 dias da última poda, realizada dia 28/01/2016.



Figura 12. Aspecto das plantas e situação da área em 12 de abril de 2016, 75 após a última poda, realizada dia 28/01/2016.



Figura 13. Aspecto das plantas e situação da área em 7 de junho de 2016, 36 dias após última poda, realizada dia 02/05/2016.



Figura 14. Situação da área em 28 de novembro 2016, 7 dias após a última poda, realizada dia 21/11/2016.



Figura 15. Situação da área em 19 de dezembro 2016, 28 dias após a última poda, realizada dia 21/11/2016.





Figura 16. Situação da área em 2 de fevereiro 2017, 44 dias após a última poda, realizada dia 21/11/2016.



Figura 17. Situação da área em 24 de março 2017, 30 dias após a última poda, realizada dia 22/02/2017.



Figura 18. Situação da área em 9 de abril 2017, 46 dias após a última poda, realizada no dia 22/02/2017.



Figura 19. Situação da área em 15 de agosto de 2017, 34 dias após a última poda, realizada no dia 12/07/2017.



Figura 20. Situação da área em 12 de dezembro 2017, 22 dias após a última poda, realizada dia 20/11/2017.



Figura 21. Situação da área em 19 de fevereiro de 2018, 92 dias após a última poda drástica, realizada dia 20/11/2017.





Figura 22. Situação da área em 27 de fevereiro de 2018, 8 dias após a última poda drástica, realizada dia 19/02/2018.



Figura 23. Situação da área em 12 de julho de 2018, 143 dias após a última poda, realizada dia 19/02/2018.



Figura 24. Situação da área em 1º de agosto de 2018, no dia da última poda drástica.

A partir da última poda de 2017 e nas duas podas de 2018, o corte da fitomassa abrangendo todas as folhas, ramos e haste principal passou a ser feito rente ao solo. Os dados de micro e macronutrientes (quantificados por análise ICP-OES no laboratório da Embrapa Milho e Sorgo) de 17 amostras de folhas da planta permitiram estimar o aporte de nutrientes no local onde ocorreu a deposição da fitomassa. Os valores de macro e micronutrientes foram estimados a partir da fitomassa seca das folhas (32,75% da fitomassa verde), determinada após secagem forçada em estufa a



65 °C, por 48 h. Somente as folhas (sem os ramos) foram consideradas na estimativa do aporte de nutrientes na área. Os dados climáticos foram fornecidos pela estação meteorológica automática de Sete Lagoas, localizada na Embrapa Milho e Sorgo.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A perda de mudas durante o período estudado foi de 14,2% (17 mudas). Cerca de 30% da fitomassa total foi composta de ramos, não incluídas nos cálculos dos nutrientes aportados (Tabelas 1 e 2), que têm, portanto, seus valores subestimados. Com pouco mais de um ano do transplante, a 3ª poda drástica permitiu um aporte estimado de 60,88 kg de N.ha<sup>-1</sup>. No intervalo de novembro de 2013 a abril 2014, estimou-se um aporte de mais de 138,5 kg de N.ha<sup>-1</sup>. Na 4ª poda (Tabela 1), observou-se uma grande redução na produção de fitomassa, de 7,80 t.ha<sup>-1</sup> na 3ª poda para 1 t.ha<sup>-1</sup> na 4ª poda. Isto provavelmente aconteceu em decorrência da intensa estiagem no intervalo entre abril e julho de 2014 quando houve apenas 52 mm de chuva. Também temperaturas médias mais baixas podem ter contribuído para a redução da produtividade de fitomassa no intervalo. Em um período de quatro anos e oito meses (56 meses), foram produzidos 117,2 t.ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca de folhas da leguminosa que gerou um aporte de N da ordem de 1.336,9 kg.ha<sup>-1</sup> (ou cerca de 290 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), além de outros minerais reciclados.

Datas das podas drásticas	FV (kg/ 160 m <sup>2</sup> )	FVE (t.ha <sup>-1</sup> )	N fixado (kg.ha <sup>-1</sup> )	PAI (mm)	TMI (°C)
1ª - 13/11/2013	49,10	3,07	34,2	114,2 <sup>b</sup>	22,4
2ª - 27/01/2014	62,30	3,89	43,43	588,2	23,4
3ª - 29/04/2014	87,09	5,44	60,88	147,9	20,7
4ª - 29/07/2014	16,07	1,0	11,29	52,0	19,6
5ª - 30/10/2014	38,85	2,43	27,02	52,8	21,9
6ª - 29/01/2015	106,64	6,66	74,56	460,9	24,0
7ª - 29/04/2015	94,93	5,93	77,63	671,6	23,9
8ª - 29/07/2015	125,07	7,82	87,55	41,7	19,4
9ª - 29/10/2015	72,9	4,56	50,96	158,4	23,5
10ª - 28/01/2016	189,57	11,85	132,7	665,3	25,4
11ª - 02/05/2016	131,26	8,2	91,66	246,5	24,9
12ª - 01/08/2016	40,76	2,55	28,39	7,6	19,5
13ª - 21/11/2016	162,37	10,15	113,54	471,6	22,5
14ª - 22/02/2017	143,46	8,97	100,55	507,2	23,7
15ª - 12/07/2017	110,8	6,92	91,31	186	20,6
16ª - 20/11/2017	199,71	12,48	139,88	175,6	21,1
17ª - 19/02/2018	143,05	8,94	100,21	673	23,1
18ª - 01/08/2018	101,4	6,34	71,14	244,4	20,2
Soma	1.875,33	117,2	1.336,9		

Tabela 1. Fitomassa e produtividade de nitrogênio<sup>a</sup> resultante do manejo inicial em sistema de aleia com *C. argentea* após 18 podas drásticas (entre novembro de 2013 a agosto de 2018).

a - Valor médio = 3,42 % do peso da fitomassa seca, em 17 amostras (desvio padrão da média = 0,246 e CV da média = 7,20).

b - Precipitação acumulada em 36 dias referentes à última poda de condução (07/10/2013) e 1ª poda drástica (13/11/2013).

FV = Fitomassa verde. FVE = Fitomassa verde estimada. PAI = Precipitação acumulada no intervalo. TMI = Temperatura média no intervalo.

Uma das estratégias evolutivas das plantas do Cerrado para sobreviver ao natural estresse hídrico do Bioma é contar com um sistema radicular profundo. Essa estratégia pode ter sido adotada por *C. argentea* para que permanecesse enfolhada e verde durante o ano todo, como foi o seu comportamento na região Central de Minas Gerais. Além disso, foi verificada uma boa capacidade de rebrota no período de estiagem. Assim, foi possível produzir matéria orgânica em sistemas de aleias de *C. argentea* mesmo durante períodos secos.

Outro benefício complementar do uso de *C. argentea* em sistema de aleia, também decorrente de seu sistema radicular vigoroso é o seu resgate (reciclagem) de nutrientes presentes nas camadas profundas do solo, fora do alcance das raízes da maioria das hortaliças e cereais. A Tabela 2 apresenta a contribuição de nutrientes contidos na fitomassa de *C. argentea* para a fertilidade do solo.

	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
% média (nas folhas)	0,250	1,830	1,720	0,345	0,215	0,0005	0,011	0,013	0,003
desvio padrão	0,035	0,215	0,285	0,086	0,021	1,297	25,752	42,269	3,989
cv médio	14,051	11,77	16,51	24,86	9,87	23,58	24,21	31,56	12,78
Estimado (Kg/ha)	97,72	715,35	672,35	134,86	84,04	0,21	4,16	5,24	1,18

Tabela 2. Teor de macro e micronutrientes<sup>a</sup> em folhas de *C. argentea* e aporte estimado, resultante do manejo de fitomassa em sistema de aleias após 18 podas drásticas (novembro de 2013 a agosto de 2018).

a - Valor médio do peso da fitomassa seca, em 17 amostras.

O arranjo produtivo de aleias com *C. argentea* pode trazer alguns benefícios relacionados à conservação de água e à fertilidade do solo, como: 1 - Contribuir com a interrupção de fluxos de ar que carrearía a umidade do sistema, e, com isso, podem favorecer a conservação d'água nas plantas cultivadas entre as aleias e no próprio solo; 2 - Minimizar a incidência direta dos raios solares sobre o solo, o que diminui seu aquecimento e a evaporação d'água; 3 - Favorecer o fluxo de nutrientes nas raízes para as folhas das plantas comerciais cultivadas entre as faixas do sistema de aleia; e 4 - Disponibilizar parte dos constituintes minerais, que alimentarão as culturas principais e a biodiversidade do solo.

## 4 | CONCLUSÕES

As podas iniciais de condução de plantas de *C. argentea* devem ocorrer com periodicidade mínima de seis meses após o transplante das mudas para que se obtenham plantas com arquitetura favorável ao manejo de sua fitomassa em sistema de aleias. *C. argentea* como adubo verde em sistema de aleias tem potencial para a revitalização mineral do solo, pela capacidade de promoção contínua de matéria orgânica e de macro e micronutrientes em sistema agroecológico de produção.

## REFERÊNCIAS

MATRANGOLO, W. J. R.; MOREIRA, J. A. A.; MIRANDA, G. A.; IGOR HENRIQUE SENA DA SILVA. *Cratylia argentea* (Fabaceae): parâmetros fitotécnicos e multifuncionalidade na bacia do Ribeirão Jequitibá, região central de Minas Gerais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, p. 1-5, 2013. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/93672/1/Cratylia-argentea-1.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2015.

PETERS, M. & SCHULTZE-KRAFT, R. (2002). *Cratylia argentea* (desv.) Kuntze. FAO Grassland Index, Rome Italy. Available online at: <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/gbase/data/pf000517.htm>. Acesso em: 30 abr. 2015.

RAMOS, A. K. B.; SOUZA, M. A. de; PIZARRO, E. A. **Algumas informações sobre a produção e o armazenamento de sementes de *Cratylia argentea***. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 4 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 25). [http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/25867/1/cirtec\\_25.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/25867/1/cirtec_25.pdf). Acesso em: 30 abr. 2015.

## 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**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

Dois Vizinhos - Paraná

### **Almir Antônio Gnoatto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

Dois Vizinhos - Paraná

### **Ana Claudia Schillemer dos Santos**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

Dois Vizinhos - Paraná

### **Cleverson Busso**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

Dois Vizinhos - Paraná

### **Izamara de Oliveira**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

Dois Vizinhos - Paraná

### **Diane Pilonetto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

Dois Vizinhos - Paraná

**RESUMO:** O projeto Leitenergia é uma parceria entre a Região Autónoma da Friuli Venezia Giulia (RAFVG), o Centro de Ecologia Teórica e Aplicada (CETA), a Prefeitura Municipal de Cruzeiro do Iguaçu – PR, a Universidade

Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e a Empresa PIN & PIN LTDA. Que tem como objetivo apresentar um modelo de manejo ambientalmente correto dos resíduos de bovinos, suínos e aves e da indústria de laticínios, transformando esses resíduos em energia. Por meio da transferência de tecnologia funcional, o projeto contou com uma ferramenta de apoio proposto pela RAFVG, um software. Com este estudo identificou-se a viabilidade de aplicação do modelo proposto em estudo de caso para a produção de energia a partir de biomassa residual (estrumes, chorumes) e do setor de laticínios (soro), através da conversão em biogás para abastecer uma central de cogeração para a produção simultânea de eletricidade e energia térmica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos naturais, energias renováveis, viabilidade.

**ABSTRACT:** The Leitenergia project is a partnership between the Autonomous Region of Friuli Venezia Giulia (RAFVG), the Center for Theoretical and Applied Ecology (CETA), the Municipality of Cruzeiro do Iguaçu - PR, the Federal Technological University of Paraná (UTFPR) and the Company PIN & PIN LTDA. The objective is to present a model of environmentally correct management of bovine, pork and poultry waste and of the dairy industry, transforming this waste into energy. Through

the transfer of functional technology, the project had a support tool proposed by the RAFVG, a software. This study identified the feasibility of applying the model proposed in a case study for the production of energy from residual biomass (manure, slurry) and the dairy industry (whey), by converting to biogas to supply a power station of cogeneration for the simultaneous production of electricity and thermal energy.

**KEYWORDS:** Natural resources, renewable energies, viability.

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente um dos grandes problemas que enfrentamos é com os poluentes atmosféricos emitidos a partir de estrume, onde o metano é o principal, causando poluição de solos e mananciais, sérios impactos ambientais e problemas de saúde. Leitenergia é um projeto de pesquisa que estuda um modelo de gestão sustentável, a ser aplicado no sudoeste do Estado do Paraná com o intuito de aproveitar a exploração de dejetos de gado e águas residuais de laticínios para a produção de biogás. O objetivo está em torno da proteção do patrimônio natural da região do Sudoeste do estado através de manejo ambientalmente correto dos resíduos da pecuária e do setor leiteiro. O modelo prevê a digestão anaeróbia das matrizes orgânicas residuais, resultando na produção de biogás. Este biocombustível pode ser eficientemente explorado em sistemas de co-geração para a produção combinada de eletricidade e calor. O modelo proposto pode, portanto, contribuir para o fornecimento de energia nas propriedades rurais e empresas agroindustriais e melhorar a sua competitividade no mercado.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

No Projeto LEITENERGIA, primeiramente realizou uma análise nas empresas Laticínio Cruzeiro LTDA e Granja Pinzon. Nas avaliações iniciais destacou-se o número de animais existentes na empresa Granja Pinzon, em seguida, a sua disponibilidade anual de estrume de animais (suínos e bovinos) para iniciar o processo de digestão anaeróbica. Em segundo lugar, o consumo de energia, aquecimento e eletricidade, demandada pelo laticínio. Após o levantamento dos dados foi alimentado um Software desenvolvido pelo CETA para analisar o potencial local e verificar a viabilidade técnica e econômica do uso do esterco de animais e resíduos industriais para produção de energia.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A granja conta com 105 animais bovinos, de acordo com informações fornecidas pelo proprietário são coletadas cerca de 65% de esterco produzido pelo gado, em



torno de 1674 m<sup>3</sup> de dejetos bovinos/ano, armazenados em três esterqueiras. A partir dos dados da Tabela 1, a produção anual de esterco de criação de suínos é de aproximadamente 30.000 t/ano. Na indústria de Laticínio foi estimada a o consumo médio mensal de eletricidade, sendo aproximadamente 98.221 KW/mês, a um custo de aproximadamente R\$18.394,68/mês. O custo médio da eletricidade para a indústria foi de aproximadamente R\$187,28/KWh em 2014.

	Número (Nº)	Peso vivo médio (Kg pc / ano)	Produção de esgoto (M <sup>3</sup> / PV t / ano)	Ano Total (T / ano)
<b>Leitões maternidade</b>	1500	5	44	<b>330</b>
<b>Leitões creche</b>	1500	16	44	<b>1056</b>
<b>Terminação</b>	4500	70	55	<b>17.325</b>
<b>Porcas de gestação</b>	560	300	55	<b>9240</b>
<b>Porcas à maternidade</b>	140	250	55	<b>1925</b>
<b>Machos</b>	9	300	37	<b>100</b>
<b>PRODUTOS DE ESGOTO TOTAL</b>				<b>29.976</b>

Tabela 1. Estimativas de produção de efluentes pecuários como porcos

Na Tabela 2 observa-se o resultado do estudo econômico financeiro do modelo de gerenciamento da digestão anaeróbia em estudo. O período de retorno do capital investido, estima-se 12 anos e 10 meses.

<b>Demonstração do Resultado</b>	<b>(R\$ / ânos)</b>
Como Receitas de Venda de energia Elétrica *	186.423, 43
A receita de venda de energia térmica	10.196,91
<b>Como Receitas Totais</b>	<b>196.620,33</b>
Custo de Negócios de Fornecimento de estrume	0
Custo estrume oferta não agrícola (excluindo transporte)	0
Custos de transporte de biomassa agrícola	0
Consumo de Custo de Eletricidade	14.913,87
Custo Manutenção biogás planta de Produção	20.077,05
Custódio Os de Manutenção do CHP	30.230,83
Com o Custódio Pessoal	7.200,00
Custo digerido espalhando	0
Despesas Administrativas, Combustível, Manutenção de Veículos, despesas gerais, etc.	8.000,00
<b>Custos Totais de Entrada</b>	<b>80.421,75</b>
* Os Preços de Eletricidade “São reavaliados a cada ano”.	

Tabela 2. Repartição de Receitas e custódio de Operacionais para Produção de biogás, excluindo a amortização das instalações e os Encargos Financeiros.

## 4 | CONCLUSÃO

Analisando o estudo de caso realizado nas empresas da Região Sudoeste do Paraná, percebe-se que a Região possui potencial para a implantação de biodigestores

para geração de biogás, pois possui grande plantel de suínos, aves e bovinos que produzem dejetos em quantidades expressivas, muitas vezes inaproveitáveis e até mesmo contaminando nossos recursos naturais. Esses resíduos de animais poderão ser transformados em energia térmica ou elétrica para ser utilizada nas próprias propriedades rurais, economizando energias oriundas de outras fontes, diminuindo custo de produção e aumentando a rentabilidade dos empreendimentos agrícolas.

## REFERÊNCIAS

CASTRO, R. **Uma introdução às energias renováveis: Eólica, Fotovoltaica e Mini-hídrica**. 1ª Edição. Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Editora: IST PRESS, 2011. 470 p.

LAZARETTI, R. **Destinação dos resíduos da suinocultura em granjas das regiões sudoeste, norte e noroeste do estado do Paraná**. VII EPCC Encontro Internacional de Produção Científica. Unicesumar – Centro Universitário Cesumar, Maringá, Paraná, Brasil. Editora CESUMAR. 22-25 de outubro de 2013.

## SISTEMAS TELEMÉTRICOS PARA MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

### **Sérgio Francisco Pichorim**

DAELN - Departamento Acadêmico de Eletrônica,  
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Curitiba, PR, Brasil  
CPGEI - Curso de Pós-Graduação em  
Eng. Elétrica e Informática Indust., UTFPR  
-Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Curitiba, PR, Brasil

### **Adriano Ricardo de Abreu Gamba**

DAELN - Departamento Acadêmico de Eletrônica,  
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Curitiba, PR, Brasil

### **Karol de Freitas Champaoski**

DAELN - Departamento Acadêmico de Eletrônica,  
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Curitiba, PR, Brasil

### **Leonardo Henrique dos Santos Castilho**

CPGEI - Curso de Pós-Graduação em  
Eng. Elétrica e Informática Indust., UTFPR  
-Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Curitiba, PR, Brasil

Tem sido constante o crescimento do número de pesquisas que envolvem tecnologias voltadas à agricultura. Diversas soluções tecnológicas e análises são propostas a fim de oportunizar investimentos, reduzir custos e melhorar o processo produtivo como um todo. Em conjunto, centros de pesquisa localizados em diferentes estados brasileiros estão

desenvolvendo tecnologias de âmbito nacional e regional buscando, na maioria das vezes, gerar soluções adaptadas às necessidades locais de cada região (AVILA, 2017).

Nesse contexto, a análise de umidade do solo se torna preponderante e diferencial na agricultura de precisão. Decorrendo um aumento crescente em pesquisas relacionadas a redes de monitoramento, utilizando sistemas telemétricos para obter diversos parâmetros preponderantes além da umidade, como: temperatura, pH e nível de água (MEKALA et al, 2017). Outras áreas que também se utilizam da umidade para seus benefícios são a engenharia civil e a biologia, pois permitem estudos como proliferação de organismos, nutrientes, como também, a supervisão da quantidade de água no entorno de encostas sob altos riscos de desabamento (PEREIRA et al, 2015; PICHORIM et al, 2014; AEMC, 2002).

O crescimento de tecnologias de monitoramento no campo da agricultura de precisão possibilita um melhor controle de custos, manutenção e aumento de performance. Dados de umidade obtidos através dessas tecnologias podem trazer informações mais precisas das condições do solo e irrigação (PASIEKA et al, 2015). Isso se faz possível, devido a utilização de uma comunicação *wireless* entre coletor e

sensores, também conhecida como RMS, *Remote Monitoring System*. Outra vantagem demonstrada através do uso de redes RMS é a possibilidade de espalhar diversos sensores na área desejada e mensurar de maneira simultânea e em tempo real. Além de que, quando essa rede é inserida na internet através de um *gateway*, todas as informações podem ser armazenadas em nuvem, possibilitando assim que o usuário final as acesse quando bem entender, auxiliando a sua tomada de decisões (PATIL et al, 2016). Esse tipo de abordagem muito se assemelha com o conceito relativamente recente de internet das coisas, mostrando uma tendência de mudança na maneira em que a agricultura é desenvolvida, o que certamente traz uma grande contribuição para criar soluções muito mais inteligentes (MEKALA et al, 2017).

Tendo em vista esse quesito, todo sistema de monitoramento remoto necessita de sensores para a amostragem do ambiente. Dessa maneira, diversas pesquisas na área demonstram que os sensores capacitivos são promissores para determinação de umidade no solo (PICHORIM et al, 2014; GAO, 2018; BAI et al, 2013). Esses sensores funcionam basicamente sob o princípio da capacitância elétrica, que varia de acordo com a umidade do solo onde está inserido. Muitos deles também utilizam de um circuito oscilador ressonante (HCO, *Humidity Controlled Oscillator*) de frequência na ordem de kHz a MHz, para excitar os eletrodos buscando obter melhores resoluções na amostragem. Ainda nesse sentido, *softwares* de inteligência artificial podem auxiliar na discriminação e classificação dos dados obtidos (GAO, 2018).

Nesse estudo a tecnologia RFID foi utilizada para realizar a telemetria dos sensores de umidade, que foram incorporados a um dispositivo passivo de RFID (*tag*) capaz de ser alimentado com a própria energia induzida pela portadora do sinal UHF (868 ou 915 MHz). Apesar da tecnologia RFID ser amplamente utilizada para rastreamento e identificação de objetos, ela possui uma grande vantagem no âmbito de monitoramento remoto, que é a economia energética. Isso, levando em consideração que não há a necessidade de baterias para a alimentar o circuito de monitoramento. O que torna uma solução atrativa no conceito de internet das coisas, tendo em vista que uma das principais preocupações levantadas por diversas pesquisas é a eficiência energética (GUBBI et al, 2013).

Além da incorporação das tecnologias de HCO e de RFID, foram avaliados 2 tipos de configurações de sensores capacitivos (espiral quadrado e paralelo retangular), 2 tipos de bobinas bifilar em aberto quadradas e 1 sensor resistivo cilíndrico. Que foram utilizados para detectar a umidade do solo na faixa de 0% até 30%. Também foram realizados testes com várias configurações e leitura destes sensores integrados ao circuito do *tag* RFID, bem como testes de comunicação do sistema de telemetria com o receptor (*tag* e leitor).

## MATERIAL E MÉTODOS

Dois sistemas telemétricos para medição de umidade no solo serão descritos e apresentados nessa seção: um que utiliza a tecnologia de rádio identificação RFID (do inglês, *radio frequency identification*) e outro que utiliza um oscilador controlado pela umidade HCO (do inglês, *humidity controlled oscillator*). Para o HCO, uma bobina bifilar em aberto é utilizada como sensor de umidade, onde a frequência do oscilador será variável com a umidade do solo. Para o RFID o circuito integrado do *transponder* tem a capacidade de ler sensores resistivos e/ou capacitivos que variam com a umidade. No total cinco sensores de umidade serão apresentados: duas bobinas bifilares, dois sensores capacitivos e um resistivo. No quadro 1 é mostrado um resumo dos tipos e características dos sensores usados em cada sistema.

Sistema	Sensor	Grandeza variável com a umidade
HCO	Bobina Bifilar A	Frequência
	Bobina Bifilar B	Frequência
RFID	Capacitor em espiral	Capacitância
	Capacitor placas paralelas	Capacitância
	Eletrodos em haste metálica	Resistência

Quadro 1: Sistemas telemétricos para medição de umidade do solo e seus sensores.

### Sistema telemétrico via RFID

Gamba e Pichorim (2017) apresentam o sistema de telemetria via RFID para medição da umidade no solo, o qual é constituído de três partes: 1) um sensor que vai enterrado no solo, 2) um módulo passivo (*tag*) de leitura do sensor e transmissão da informação via UHF (ver figura 1A), e 3) um leitor UHF de RFID que recebe os dados lidos dos *tags* remotos. Neste sistema, conforme mostra o quadro 1, foram avaliados três tipos de sensores para umidade: dois capacitivos e um resistivo. Os sensores capacitivos (figura 1B), que foram desenhados em dois formatos, de trilhas em espiral e de trilhas em paralelo, medem a capacitância ( $C_s$ ) do solo. Já o sensor resistivo (figura 1C), que é constituído de dois eletrodos montados em uma haste metálica (aço inox), mede a resistência do solo ( $R_s$ ). Estas grandezas elétricas ( $C_s$  e  $R_s$ ) têm uma alta correlação com o grau de umidade presente no solo. Para a leitura e transmissão passiva (sem fio e sem bateria) destas grandezas foi utilizado um módulo de RFID em UHF (868 ou 915 MHz) com entradas externas para sensores do tipo capacitivo e/ou resistivo. Este módulo passivo (*tag*) é construído com o circuito integrado SL900A. Para o leitor UHF remoto dos *tags* foi utilizado o leitor Newton. Tanto o *tag* como o leitor foram desenvolvidos pela empresa austríaca AMS (GAMBA & PICHORIM, 2017).

A medição à distância se tornou possível através do uso desse módulo de comunicação RFID, o qual é passivo (funciona sem bateria), e que além de medir a capacitância e a resistência dos sensores a ele conectados, pode ser programado e



lido remotamente via sinais de UHF por uma unidade leitora.

Assim sendo, a parte remota (ou *tag*) é composta do circuito integrado (CI) SL900A, uma antena dipolo e o sensor, conforme a figura 1A. O *tag* trabalha de forma passiva, ou seja, sem bateria, de maneira que a sua alimentação vem do próprio campo eletromagnético de frequência ultra-alta (UHF de 868 ou 915 MHz) gerado pela unidade leitora afastada de poucos metros. O alcance da comunicação depende apenas da unidade leitora, da sua potência e do ganho da sua antena. O *tag* vai operar parcialmente enterrado no solo, de forma que o CI e a antena ficam fora do solo, ligeiramente acima dele (em torno de 10 a 15 cm).

O CI acima mencionado possui entradas e modos de operação específicos para sensores resistivos/condutores e capacitivos, os quais foram testados a fim de se obter a configuração que permitisse a melhor leitura possível da faixa de valores que são medidos pelos sensores.

Já com relação à unidade leitora, foi utilizado o Newton *demo reader* da empresa AMS, o qual é um leitor pré-programado para se trabalhar com o CI SL900A. O leitor possui uma interface que permite a leitura e a configuração do *tag* a partir de um *software* dedicado no computador. Isso possibilita a mudança das configurações da interface sensora do *tag*, de seu modo de funcionamento, e a leitura da capacitância e/ou da resistência lidas nas entradas analógicas do CI.

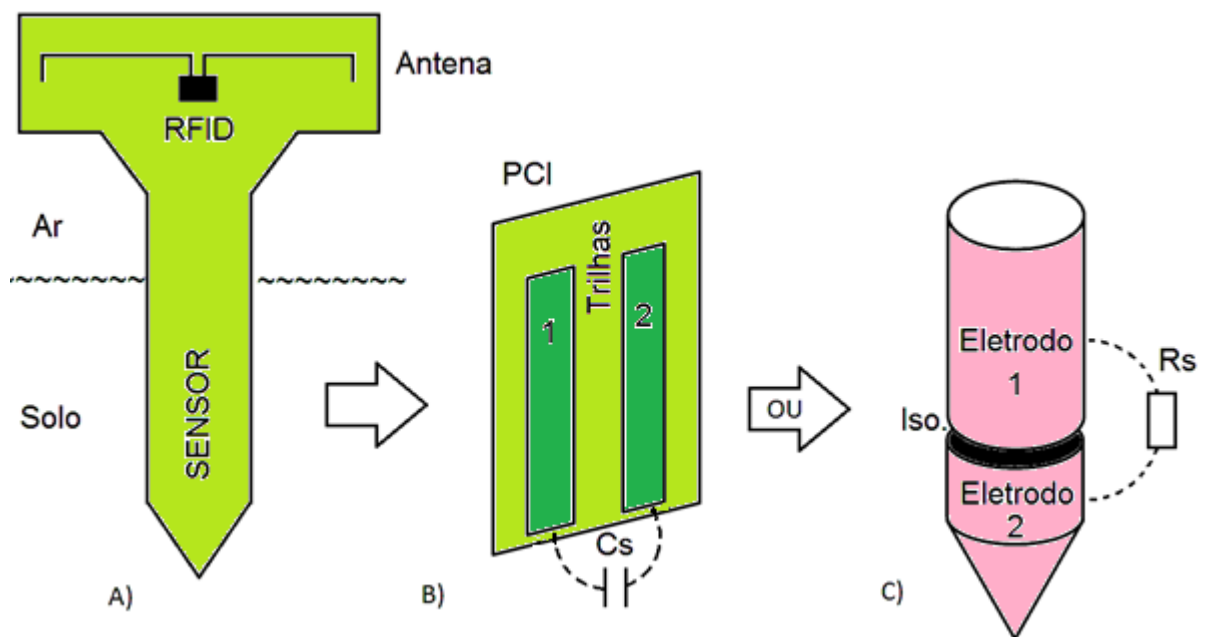


Figura 1: Sistema de telemetria com *tag* de RFID em UHF, os dois tipos de sensores utilizados e as grandezas medidas ( $C_s$  e  $R_s$ ). A) Dispositivo RFID com a antena sobre o solo e extensão (sensor) inserida no solo. B) Sensor capacitivo construído em PCI para medir a capacitância  $C_s$  entre as trilhas. C) Sensor de haste metálica para medir a resistência  $R_s$  entre os eletrodos 1 e 2. Figura modificada de Gamba e Pichorim (2017).

## Sistema telemétrico via HCO

As bobinas bifilares são constituídas por dois enrolamentos paralelos e foram desenvolvidas por Nikola Tesla para ter a capacitância intrínseca elevada em relação a bobinas comuns e dessa maneira sua frequência de autorressonância é

menor (DESTEFANI & PICHORIM, 2010; MIRANDA & PICHORIM, 2012). Além da configuração proposta por Tesla, uma nova configuração de bobinas bifilares em aberto foi desenvolvida (MIRANDA & PICHORIM, 2017). O circuito equivalente da bobina bifilar aberta é um circuito RLC em série, cuja frequência de ressonância é o ponto de mínima impedância elétrica (figura 2B). Se um capacitor externo for colocado em paralelo a ela (valor de 100 pF na figura 2A), esse circuito se assemelha a um circuito equivalente de um cristal de quartzo. Dessa forma também as curvas de impedância do cristal e a bobina bifilar são semelhantes. Assim, qualquer oscilador eletrônico a cristal pode também oscilar com a bobina bifilar em aberto.

Na engenharia eletrônica os cristais piezoelétricos são usados em osciladores pela sua alta precisão e estabilidade no valor da frequência. Ao contrário, a bobina bifilar varia a sua capacitância entre as trilhas conforme o meio (a umidade) em que está inserida, e dessa forma a sua frequência de oscilação é variável.

As características elétricas da bobina foram fundamentais para a escolha do circuito oscilador a cristal. O circuito escolhido utiliza portas digitais NAND (SCHERRER, s.d.) e foi acrescentado um capacitor cerâmico de 100 pF em paralelo à bobina bifilar, que tem a função de aproximar as frequências de ressonância e antirressonância, assim como ocorre com um cristal piezoelétrico. Desta forma, a frequência deste oscilador HCO irá variar (na faixa de MHz) fundamentalmente com a umidade.

A leitura da frequência do sinal na saída do HCO pode ser feita pelo *hardware* de um sistema telemétrico conforme pode ser visto na descrição do trabalho de Gao e colaboradores (GAO et al, 2018).

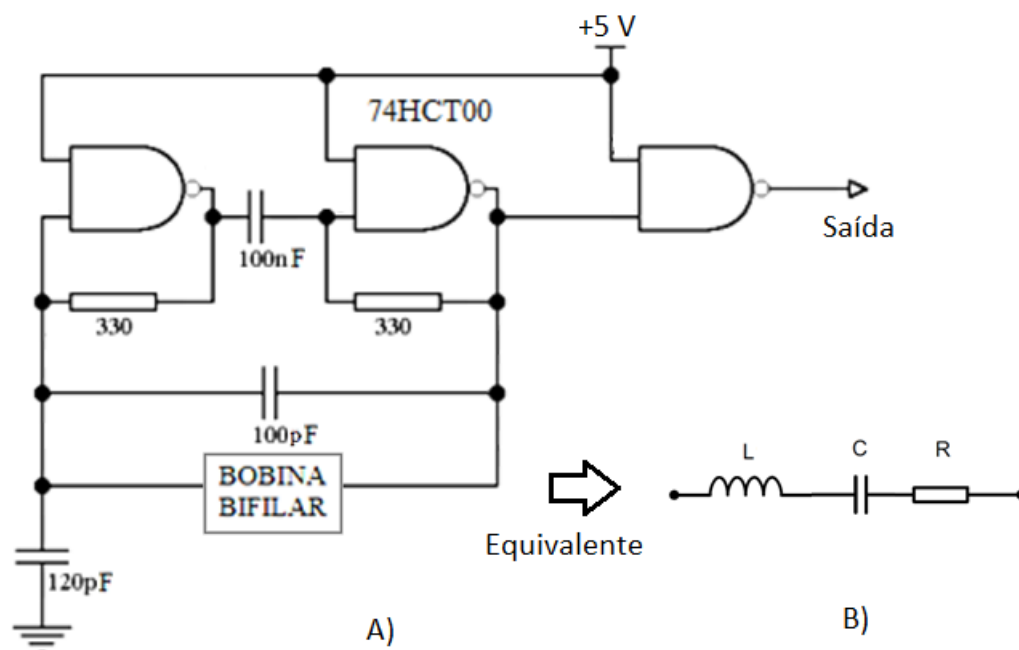


Figura 2: Sistema de telemetria com HCO (*humidity controlled oscillator*). A) circuito do oscilador controlado por umidade. B) O sensor utilizado é a bobina bifilar em aberto que equivale a um RLC série. Fonte: modificado de Scherrer (s.d.).

## Descrição e caracterização dos sensores

Ao todo, cinco possibilidades de sensor que medem a umidade do solo através da medição da capacitância, da resistência ou da frequência (quadro 1) foram desenvolvidos e avaliados, conforme as figuras 1B, 1C e 2. Os três primeiros foram interligados ao sistema de RFID (figura 1A) e os dois últimas no HCO (figura 2). Os sensores utilizados, bem como suas características construtivas, são descritos a seguir:

- a. Sensor capacitivo paralelo: é constituído de 12 trilhas de cobre dispostas em paralelo sobre uma placa de circuito impresso (PCI), com largura das trilhas de 2 mm e 0,5 mm de separação. Esta PCI é revestida com uma tinta isolante para proteção. Toda a área útil deste sensor é de  $30 \times 70 \text{ mm}^2$ ;
- b. Sensor capacitivo espiral: é constituído de um par de trilhas de cobre dispostas em um desenho espiral quadrado sobre uma PCI, com trilhas de largura de 0,5 mm, com 0,5 mm de separação. Esta PCI também é revestida com uma tinta isolante e a sua área útil é de  $38 \times 38 \text{ mm}^2$ ;
- c. Sensor resistivo, que é constituído de uma haste metálica com dois eletrodos de aço inox em formato cilíndrico, com diâmetro de 10 mm, separados por um isolante de 5 mm e com área útil de aproximadamente  $20 \text{ cm}^2$ ; e
- d. Sensores capacitivos com bobinas bifilares: são constituídos de bobinas bifilares de trilhas de cobre dispostas em um desenho espiral quadrado sobre uma PCI. Ambas as bobinas têm 36 espiras e diâmetro de 55 mm, com uma área útil é de  $30,25 \text{ cm}^2$ . A bobina denominada “A” tem trilhas com 0,508 mm de largura e espaçamento de 0,242 mm entre elas. Por outro lado, a bobina denominada “B” tem tanto a largura das trilhas quanto o espaçamento entre elas é de 0,375 mm (figura 3C).

## Metodologia dos experimentos

Os experimentos realizados para se avaliar a umidade no solo com os sensores, bem como a caracterização mais específica dos sensores, do HCO, do *tag* e da unidade leitora de RFID estão descritos a seguir.

Amostras de solo foram coletadas e peneiradas com o intuito de evitar a presença de pedras e estruturas orgânicas maiores como raízes, folhas, galhos, etc. Após isso, o solo foi seco em um forno e colocado em copos de béquer (641 g de solo). Também os sensores (figura 3A) foram colocados para se realizar o experimento. As massas dos béqueres (197 g), dos sensores (23 g cada sensor) e do solo foram medidas com uma balança de precisão (GAMBA & PICHORIM, 2017). Por fim, o solo foi colocado no béquer e os sensores foram enterrados de modo que suas áreas úteis ficassem completamente submersas dentro do solo (figura 3B).

Para se calcular a quantidade de água presente no solo (PICHORIM et al, 2014), foram utilizadas as massas da amostra seca e úmida. Desta forma, a umidade gravimétrica ( $H$ ) do solo é dada por

$$H = \frac{m_w - m_d}{m_d} \cdot 100\% = \frac{m_a}{m_d} \cdot 100\%$$

onde  $m_w$  é a massa de terra com água,  $m_d$  é a massa de solo seco utilizada na amostra, e  $m_a$  é a massa de água da amostra.

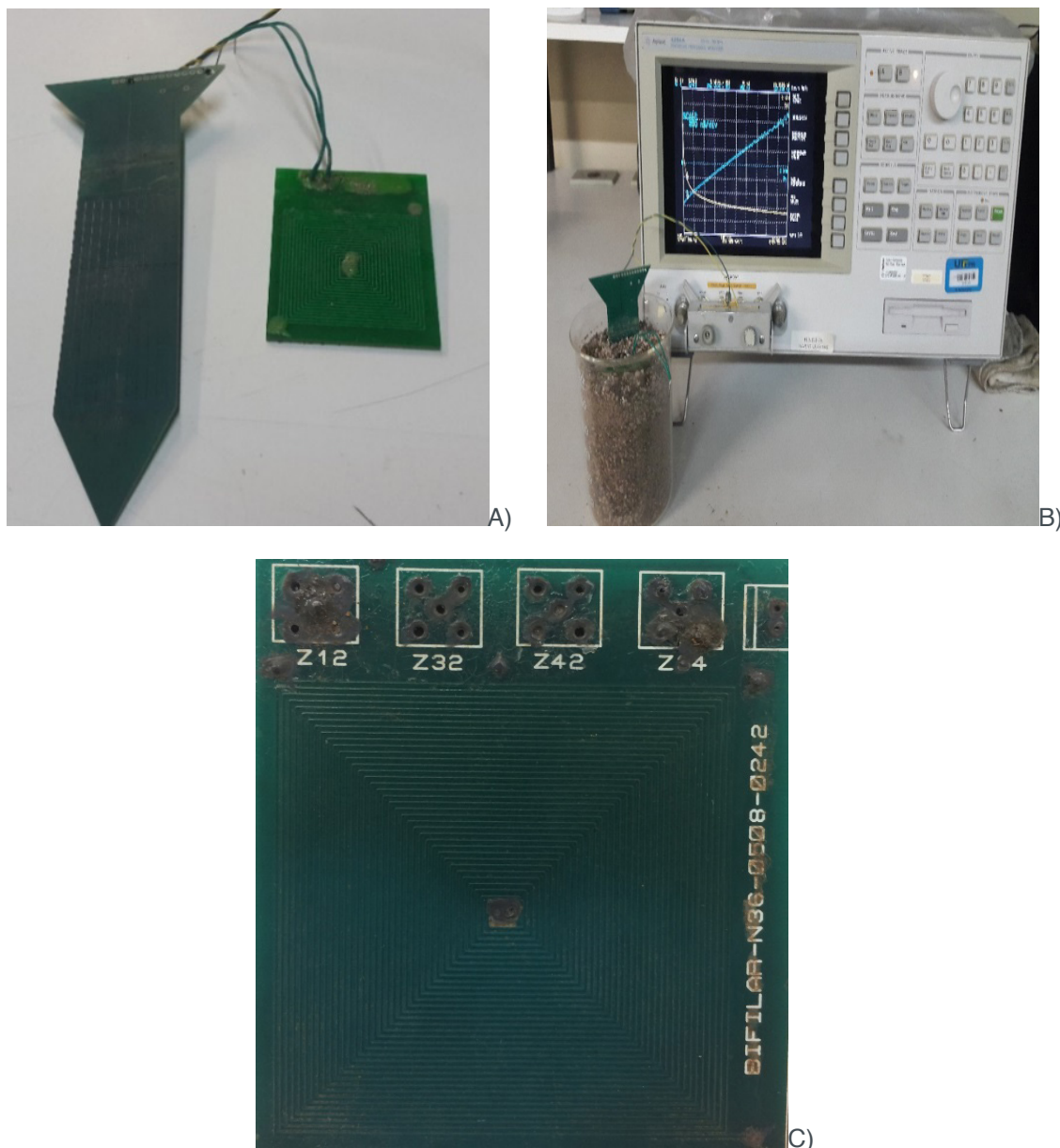


Figura 3: Fotografias do experimento de caracterização dos sensores capacitivos e bobina bifilar. A) Sensor paralelo à esquerda e sensor espiral à direita. B) Amostra de terra com os sensores e a tela do analisador de impedância utilizado. C) Bobina bifilar em aberto para o HCO. Fonte: Gamba e Pichorim (2017).

Após registrados os dados iniciais da amostra, incluindo as medidas de capacitância (pF) do solo seco, um volume de água filtrada foi colocado no béquer com o solo. Assim, para a inserção de 175 g de água, a umidade do solo ficou em

aproximadamente 25%.

As medidas de capacitância ( $C_s$ ) detectadas pelos sensores foram lidas pelo analisador de impedâncias Agilent 4294A (figura 3B), sempre na frequência de 2 kHz. Esta é a mesma frequência que o circuito integrado do RFID (SL900A) utiliza para a leitura da capacitância em sua entrada (GAMBA & PICHORIM, 2017).

### **Análise dos dados dos sensores capacitivos**

Sobre os dados coletados da capacitância  $C_s$  foi feita a plotagem de gráficos para cada sensor em função da variação da umidade  $H$ . Uma análise estatística foi aplicada, principalmente para o ajuste destes valores através de uma função sigmoide, dada por

$$C_s = \frac{A - B}{1 + e^{\frac{H - C}{D}}} + B$$

onde os parâmetros indicam:  $A$ , o limite inferior da função  $C_s$  (em pF);  $B$ , o limite superior da função (em pF);  $C$ , o ponto de inflexão da curva (em %); e  $D$  é a largura (VASILIEF et al, 2001). O valor de  $H$  também deve ser entrado na equação em percentagem. Os ajustes e os gráficos foram gerados utilizando-se o *software* SciDAVis.

A partir dessa análise, foram obtidas as curvas e as equações que relacionam as capacitâncias medidas pelos sensores com a umidade do solo.

### **Análise dos dados do sensor resistivo**

O sensor resistivo teve sua curva de característica levantada na prática através de um procedimento semelhante ao descrito acima (para os capacitivos). Contudo, a comparação das medições foi feita com um instrumento de referência. À vista disso, foi utilizado o medidor de umidade MO750 da empresa Extech Instruments Corporation. As resistências foram medidas através de um multímetro de bancada (Minipa). Com estes instrumentos, foram medidos valores de umidade que o sensor apresentava para vários valores de resistência, o que resultou em um gráfico que relaciona a resistência medida com a umidade do solo.

A partir deste gráfico, foram obtidas as curvas e as equações que relacionam as resistências medidas pelo sensor com a umidade do solo.

### **Análise dos dados das bobinas bifilares**

O circuito HCO e seus sensores (bobinas bifilares A e B) tiveram suas curvas de característica levantadas na prática através de um procedimento semelhante ao descrito acima (para o resistivo e os capacitivos). Contudo, foi utilizado um osciloscópio digital da empresa Tektronix para a medição da frequência de saída. Os valores de frequência foram medidos para as diferentes umidades registradas no solo, o que resultou em um gráfico que relaciona a frequência medida com a umidade do solo.



A partir deste gráfico, foram obtidas as retas de regressão linear e as equações que relacionam as frequências medidas pelos dois sensores com a umidade do solo.

Para todos os experimentos descritos acima, ao longo do processo de secagem, as amostras de solo foram medidas periodicamente durante aproximadamente 2 meses, de maneira a se poder verificar a variação da umidade de uma maneira mais natural, onde o ambiente foi responsável por fornecer a energia térmica suficiente para secá-lo (GAMBA & PICHORIM, 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das medições realizadas no experimento com as amostras de solo, foram feitos gráficos a fim de se representar as medidas realizadas e a aproximação destas com as respectivas curvas ajustadas. Foram obtidos também, através dos programas MSEXcell e SciDAVis, os valores de correlação  $R^2$ , que dizem respeito à concordância entre os pontos e a curva ajustada, e os coeficientes das equações das curvas sigmóides para  $C_s$ , das curvas exponenciais para  $R_s$  e das retas para  $f$ .

Assim sendo, a figura 4 apresenta a variação da capacitância ( $C_s$ ) em função da variação da umidade do solo ( $H$ ) com valores de  $R^2$  de 0,9973 e 0,9971 para os sensores capacitivos de trilhas paralelas e em espiral, respectivamente (GAMBA & PICHORIM, 2017).

Os resultados mostram que as capacitâncias aumentam conforme a umidade do solo aumenta, e que estas se aproximam muito de uma função sigmoide (correlação sempre maior que 0,997). A variação do parâmetro elétrico  $C_s$  foi mais intensa da faixa de umidade entre 5% até 15%. Discrepâncias nos valores medidos devem-se principalmente à distribuição não homogênea da água na terra, à disposição dos sensores na amostra e à geometria dos sensores.

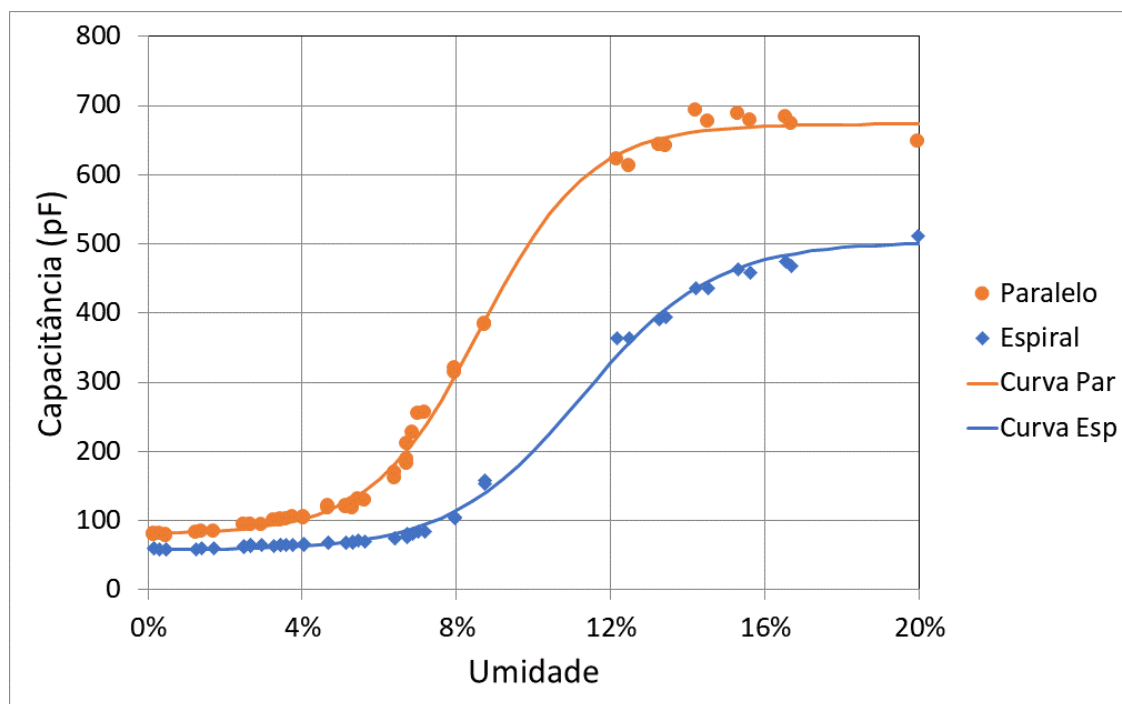


Figura 4: Curvas das capacitâncias ( $C_s$ ) dos sensores em função da umidade da amostra de solo. Os pontos são os valores medidos e as curvas são obtidas pela equação 2 e as constantes dadas na tabela 1. Em alaranjado para o sensor com trilhas paralelas e em azul para o sensor com trilhas em espiral. Fonte: Modificado de Gamba e Pichorim (2017).

Os coeficientes obtidos para as curvas sigmóides geradas, baseando-se na equação 2, estão apresentados na tabela 1. A partir deles, é possível ter equações de calibração do sistema de telemetria. Ou seja, partindo-se das leituras remotas (via RFID) dos valores de capacitância ( $C_s$ ) do sensor, pode-se determinar os valores da umidade do solo  $H$ . Desta forma, basta resolver a equação 2 a partir das constantes  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$  do sensor. Ou seja

A tabela 2 mostra um comparativo entre os valores de capacitância ( $C_s$ ) para ambos os sensores com o solo seco antes de começar o experimento e com o solo seco ao final do experimento (GAMBA & PICHORIM, 2017). Nota-se que as capacitâncias medidas ficaram próximas, indicando que os parâmetros elétricos do solo não mudaram significativamente com a realização do experimento.

Sensor	Coeficientes			
	$A$ (pF)	$B$ (pF)	$C$ (%)	$D$
Paralelo	80,699	673,391	8,622	1,406
Espiral	57,167	503,002	11,254	1,703

Tabela 1: Coeficientes da equação 2 para a capacitância  $C_s$  determinados pela análise realizada pelo *software* SciDAVis. Fonte: Gamba e Pichorim (2017).

Situação	Sensor Paralelo	Sensor Espiral	Umidade
	Cs (pF)	Cs (pF)	
Antes	75,82	65,59	0%
Depois	79,61	60,49	0,2%

Tabela 2: Comparativo da terra seca antes e depois do experimento. Fonte: Gamba e Pichorim (2017).

Por outro lado, para o sensor resistivo constituído dos dois eletrodos cilíndricos da figura 1C, obteve-se um comportamento diferenciado quando do solo mais seco em relação ao mais úmido. A figura 5 apresenta o gráfico obtido, utilizando-se o sensor resistivo, a partir da análise da variação da resistência  $R_s$  em função das umidades medidas pelo instrumento de referência (MO750). Observa-se que para solo seco (umidade menor que 7% ou  $R_s$  maior que 7 kW) a curva de tendência é uma função exponencial com  $R^2$  de 0,9638. Já para solo mais úmido ( $H > 7\%$  ou  $R_s$  menor que 7 kW) a curva é uma função potência com  $R^2$  de 0,9964 (GAMBA & PICHORIM, 2017). Assim, como nos sensores capacitivos, os coeficientes das equações de ajuste (boxes na figura 5) podem ser utilizados para a calibração do sistema telemétrico via UHF RFID.

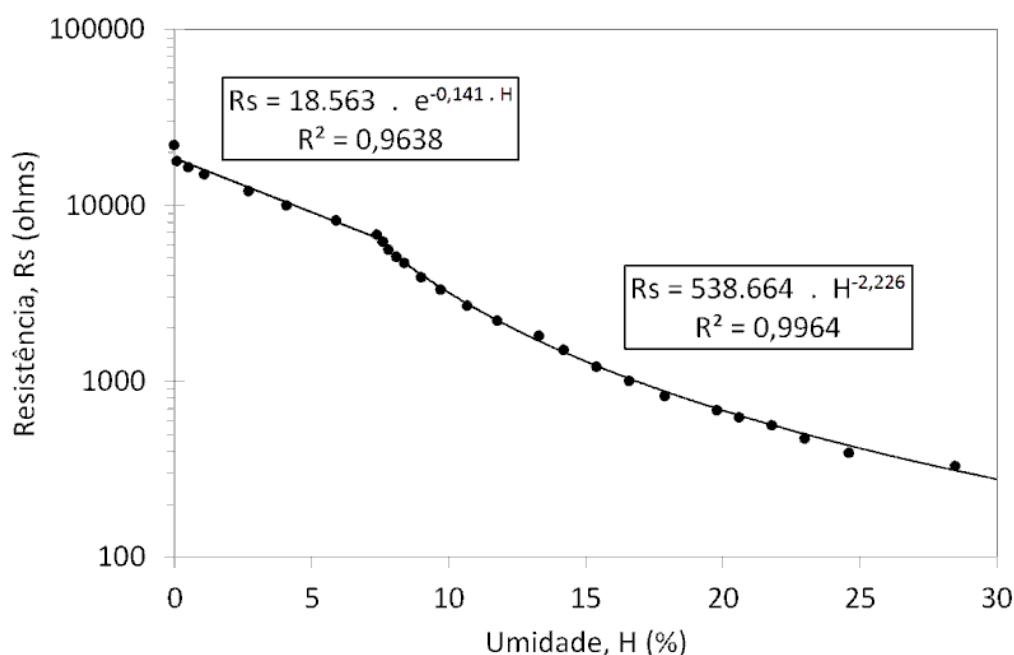


Figura 5: Variação da resistência  $R_s$  do sensor resistivo com a umidade do solo. Fonte: Gamba e Pichorim (2017).

Além disso, testes de leitura telemétrica de capacitância e resistência via RFID foram realizados. Estes testes consistiram na comparação dos valores de  $C_s$  e  $R_s$  presentes nas entradas analógicas do CI SL900A com os valores lidos pelo leitor de RFID a uma distância de 30 cm. Nas medições da capacitância e resistência, os erros médios foram de 11,5% (faixa entre 33 e 680 pF) e 7,7% (faixa de 470  $\Omega$  a 47 k $\Omega$ ), respectivamente. Os maiores erros de capacitância (19,8%) e de resistência (54,6%) foram encontrados quando os valores estavam nos limites extremos da faixa

de operação (GAMBA & PICHORIM, 2017).

Os resultados das frequências ( $f$ ) medidas do oscilador controlado por umidade (HCO) para os dois sensores, em função da variação da umidade da amostra de solo, podem ser vistos na figura 6. Os pontos representam os valores medidos e as retas foram obtidas pela regressão linear (cujas equações estão indicadas nos *boxes* de mesma cor). Em alaranjado estão os valores para o sensor A e em azul para o sensor B.

Observa-se nessa figura que a frequência do oscilador acompanhou linearmente a umidade da amostra. Quanto mais úmido for o solo menor é a frequência de oscilação do circuito HCO.

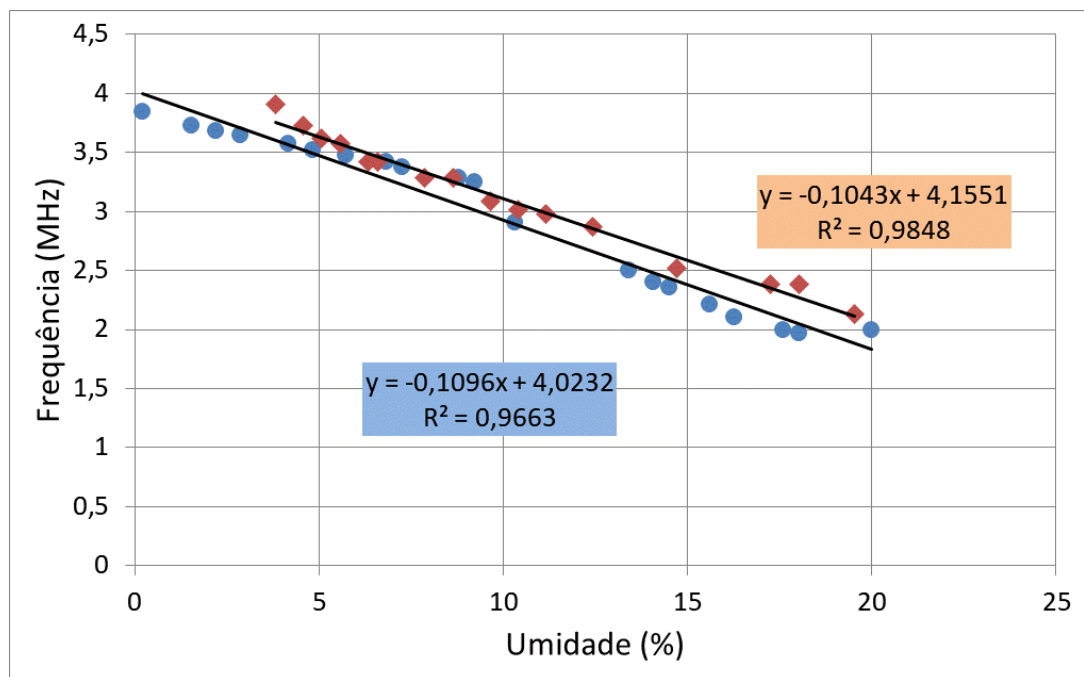


Figura 6: Curvas das frequências ( $f$ ) do oscilador controlado por umidade (HCO), para os dois sensores, em função da umidade da amostra de solo. Os pontos são os valores medidos e as retas são obtidas pela regressão linear (equações estão nos *boxes*). Em alaranjado para o sensor A e em azul para o sensor B.

A primeira bobina bifilar (sensor A, em alaranjado na figura 6) obteve uma frequência de 2,128 MHz com 20% de umidade e elevou  $f$  para 3,904 MHz com o solo mais seco ( $H=3\%$ ). Esse sensor obteve um comportamento mais linear (correlação de 0,9848) e uma sensibilidade de 0,1043 MHz/%.

Já a segunda bobina bifilar (sensor B, em azul na figura 6) uma frequência de 2,000 MHz foi medida quando o solo tinha 20% de umidade e essa frequência subiu para 3,847 MHz quando a amostra estava seca. Esse segundo sensor foi um pouco mais sensível que o primeiro, com uma sensibilidade de 0,1096 MHz/%. Apesar deste sensor ter um comportamento um pouco menos linear (correlação de 0,9663), esse valor ainda pode ser considerado bastante satisfatório.

## CONCLUSÕES

Os parâmetros elétricos dos cinco sensores desenvolvidos e aqui apresentados têm boa correlação com a umidade do solo e, através das equações de calibração, podem ser utilizados para medição desta grandeza.

Os resultados obtidos com o HCO comprovaram que as bobinas bifilares podem ser utilizadas também como sensores de umidade, apresentando um comportamento bastante linear e com uma alta sensibilidade.

O uso da tecnologia de RFID com o CI SL900A permite que sensores possam ser incorporados ao *tag* passivo, desta forma possibilitando a transferência de informações em UHF para um leitor ligado a um computador. Assim, o sistema via RFID em UHF, aqui apresentado, se mostra capaz de medir telemetricamente a umidade do solo.

Em virtude disso, estas soluções podem facilitar as atividades em várias áreas da agricultura, além de outros setores, e ainda, abre espaço para que diversas outras aplicações possam ser estudadas e implantadas no futuro.

## REFERÊNCIAS

AEMC Instruments. "Why Measure Soil Resistivity?," 2002, Disponível em <<http://lgstatic.transcat.com/media/pdf/App-Ground-SoilResistivity.pdf>>. Acessado em 14 maio, 2018.

BAI, W.; KONG, L.; GUO, A. "Effects of physical properties on electrical conductivity of compacted lateritic soil". *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. Wuhan, 3 jun. 2013. p.406.

DESTEFANI F. A. & PICHORIM S. F. "Estudo de Bobina Bifilar de Tesla como Sensor para Engenharia Biomédica", *XXII CBEB*, 2010.

GAMBA, A. R. A., PICHORIM, S. F. "Sistema Telemétrico via RFID em UHF para Medição da Umidade do Solo". In: *XI Congresso Brasileiro de Agroinformática (SBIAgro 2017)*, 2017, Campinas, SP. Anais do SBIAgro 2017, 2017.

GAO, Z., Y. ZHU, C. LIU, H. QIAN, W. CAO, J. NI, "Design and Test of a Soil Profile Moisture Sensor Based on Sensitive Soil Layers", *Sensors* 2018, vol. 18, n. 5, 1648; <https://doi.org/10.3390/s18051648>.

GUBBI, J., BUYYA, R., MARUSIC, S., & PALANISWAMI, M. (2013). "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions." *Future Generation Computer Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>

MEKALA, M. S., & VISWANATHAN, P. A "Survey: Smart agriculture IoT with cloud computing." *International Conference on Microelectronic Devices, Circuits and Systems, ICMDCS 2017*, jan 2017.

MIRANDA C. M. & PICHORIM S. F. "A Self-Resonant Two-Coil Wireless Power Transfer System Using Open Bifilar Coils". *IEEE Transaction on Circuits and Systems II: Express Briefs* vol.64 Jun. 2017.

MIRANDA C. M. & PICHORIM S. F. "Equacionamento e modelagem da bobina bifilar de Tesla". *Revista UNIANDRADE* 13:42-59, 2012.

PASIEKA, T. J., SHUBEITA, F. M., CARAFFA, M. "Monitoramento on-line de umidade do solo com auxílio de Rede de Sensores Sem Fio". *Anais do X Cong. Bras. de Agroinformática*, Ponta Grossa, Pr,



outubro 2015.

PATIL, K. A., & KALE, N. R. "A model for smart agriculture using IoT." *International Conference on Global Trends in Signal Processing, Information Computing and Communication (ICGTSPICC)*, 543–545, 2016. <https://doi.org/10.1109/ICGTSPICC.2016.7955360>

PEREIRA, R. S., SCHOVEIGERT, I. D., MATOS, J., FALATE, R., AYUB, R. A. "Projeto de um sistema de monitoramento para casas de vegetação". *Anais do X Cong. Bras. de Agroinformática*, Ponta Grossa, Pr, outubro 2015.

PICHORIM, S. F.; MARCIS, V. A.; LASKOSKI, G. T. "Humidity in sandy soil measured by passive, wireless, and resonant sensor with bifilar coil". In *proceedings of First Latin-American Conference on Bioimpedance*, Joinville, Santa Catarina, Brazil, 2014.

SCHERRER, T., "Crystal Oscillator Circuits" in <http://www.z80.info/uexosc.htm>. Site sem data (s.d.). Acessado em junho de 2018.

VASILIEF, I; GADIOU, R; FRANKE, K. "The SciDAVis Handbook, Chapter 6. Analysis of data and curves." Disponível em <http://scidavis.sourceforge.net/manual/x4267.html>. Acessado em 14 maio 2018.

## 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

