

Organizador
Edilson Antonio Catapan

AS CIÊNCIAS AGRÁRIAS e seus impactos na sociedade

Vol. 03

São José dos Pinhais
BRAZILIAN JOURNALS PUBLICAÇÕES DE PERIÓDICOS E EDITORA
2020



Edilson Antonio Catapan

(Organizador)

**As ciências agrárias e seus
impactos na sociedade**

Vol. 03

**Brazilian Journals Editora
2020**

2020 by Brazilian Journals Editora
Copyright © Brazilian Journals Editora
Copyright do Texto © 2020 Os Autores
Copyright da Edição © 2020 Brazilian Journals Editora
Editora Executiva: Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan
Diagramação: Lorena Fernandes Simoni
Edição de Arte: Lorena Fernandes Simoni
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial:

Prof^a. Dr^a. Fátima Cibele Soares - Universidade Federal do Pampa, Brasil
Prof. Dr. Gilson Silva Filho - Centro Universitário São Camilo, Brasil
Prof. Msc. Júlio Nonato Silva Nascimento - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil
Prof^a. Msc. Adriana Karin Goelzer Leining - Universidade Federal do Paraná, Brasil
Prof. Msc. Ricardo Sérgio da Silva - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Prof. Esp. Haroldo Wilson da Silva - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
Prof. Dr. Orlando Silvestre Fragata - Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Prof. Dr. Orlando Ramos do Nascimento Júnior - Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
Prof^a. Dr^a. Angela Maria Pires Caniato - Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Prof^a. Dr^a. Genira Carneiro de Araujo - Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. José Arilson de Souza - Universidade Federal de Rondônia, Brasil
Prof^a. Msc. Maria Elena Nascimento de Lima - Universidade do Estado do Pará, Brasil
Prof. Caio Henrique Ungarato Fiorese - Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
Prof^a. Dr^a. Silvana Saionara Gollo - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil
Prof^a. Dr^a. Mariza Ferreira da Silva - Universidade Federal do Paraná, Brasil
Prof. Msc. Daniel Molina Botache - Universidad del Tolima, Colômbia
Prof. Dr. Armando Carlos de Pina Filho - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
Prof^a. Msc. Juliana Barbosa de Faria - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof^a. Esp. Marília Emanuela Ferreira de Jesus - Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof. Msc. Jadson Justi - Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof^a. Dr^a. Alexandra Ferronato Beatrice - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil
Prof^a. Msc. Caroline Gomes Mâcedo - Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Dilson Henrique Ramos Evangelista - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil
Prof. Dr. Edmilson Cesar Bortoletto - Universidade Estadual de Maringá, Brasil



Ano 2020

Prof. Msc. Raphael Magalhães Hoed - Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
 Prof^a. Msc. Eulália Cristina Costa de Carvalho - Universidade Federal do Maranhão, Brasil
 Prof. Msc. Fabiano Roberto Santos de Lima - Centro Universitário Geraldo di Biase, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Gabrielle de Souza Rocha - Universidade Federal Fluminense, Brasil
 Prof. Dr. Helder Antônio da Silva, Instituto Federal de Educação do Sudeste de Minas Gerais, Brasil
 Prof^a. Esp. Lida Graciela Valenzuela de Brull - Universidad Nacional de Pilar, Paraguai
 Prof^a. Dr^a. Jane Marlei Boeira - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Carolina de Castro Nadaf Leal - Universidade Estácio de Sá, Brasil
 Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes - Universidade do Vale do Rio do Sino, Brasil
 Prof. Dr. Richard Silva Martins - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul Rio Grandense, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Ana Lídia Tonani Tolfo - Centro Universitário de Rio Preto, Brasil
 Prof. Dr. André Luís Ribeiro Lacerda - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
 Prof. Dr. Wagner Corsino Enedino - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
 Prof^a. Msc. Scheila Daiana Severo Hollveg - Universidade Franciscana, Brasil
 Prof. Dr. José Alberto Yemal - Universidade Paulista, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Adriana Estela Sanjuan Montebello - Universidade Federal de São Carlos, Brasil
 Prof^a. Msc. Onofre Vargas Júnior - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
C357a Catapan, Edilson Antonio As ciências agrárias e seus impactos na sociedade / Edilson Antonio Catapan. São José dos Pinhais: Editora Brazilian Journals, 2020. 332 p. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui: bibliografia ISBN: 978-65-86230-19-2. 1. Agricultura. 2. Impactos na sociedade. I. Catapan, Edilson Antonio II. Título

Brazilian Journals Editora
 São José dos Pinhais – Paraná – Brasil
www.brazilianjournals.com.br
editora@brazilianjournals.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra intitulada “As ciências agrárias e seus impactos na sociedade 3”, publicada pela Brazilian Journals, apresenta um conjunto vinte e três capítulos que visa abordar diversas temáticas ligadas à área da agricultura como uma das atividades econômicas mais antigas e mais importantes de nosso planeta. Atualmente, um dos grandes desafios desta atividade é aumentar a produção utilizando os recursos naturais com responsabilidade, de forma a preservar o meio ambiente. O e-book traz assuntos relacionados com a exploração da terra, criação de animais e de cultivo de vegetais, ferramentas para o aumento da produção, aprimoramento de tecnologias de manejo e preservação dos recursos naturais.

Perfil da qualidade do solo para o cultivo de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) em diferentes mesorregiões do estado do Pará; batata produzida a partir de micropropagação e de minitubérculos sob níveis de fósforo em solução nutritiva; arduino uma tecnologia de baixo custo para a termometria de grãos armazenados; controle de qualidade na operação de recolhimento do amendoim e teor de água nas vagens; qualidade microbiológica de polpas de açaí comercializadas em um estado do nordeste brasileiro; potencialidades agroindustrial e multifuncional de *Anacardium occidentale* Linn, entre outros.

Dessa forma, agradecemos aos autores por todo esforço e dedicação que contribuíram para a construção dessa obra, e esperamos que este livro possa colaborar para a discussão e entendimento de temas relevantes para a área de educação, orientando docentes, estudantes, gestores e pesquisadores à reflexão sobre os assuntos aqui apresentados.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 011

PERFIL DA QUALIDADE DO SOLO PARA O CULTIVO DE ANDIROBA (CARAPA GUIANENSIS AUBL.) EM DIFERENTES MESORREGIÕES DO ESTADO DO PARÁ.

Orivan Maria Marques Teixeira
Williams Jorge da Cruz Macêdo
Pedro Moreira de Sousa Junior
Simone de Fátima Pinheiro Pereira
Alberdan Silva Santos
Auriane Consolação da Silva Gonçalves
Mateus Higo Daves Alves
Paulo Victor Queiroz Teixeira
DOI 10.35587/brj.ed.0000423

CAPÍTULO 0215

MODELING AND MULTIVARIATE ANALYSIS OF THE PRODUCTION PROCESS OF ALPHA-HYDROXY ACIDS AND HYDROGEN BY ELECTRON-OXIDATION OF GLYCEROL.

Eduardo Dória Silva
Nelson Medeiros de Lima Filho
Humberto Dória Silva
DOI 10.35587/brj.ed.0000424

CAPÍTULO 0328

INFLUÊNCIA DE DOSES CONTRASTANTES DE FÓSFORO NO SOLO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE CLONES DE BATATA.

Darlene Sausen
Daniela Buzatti Cassanego
Ritiele Baptista Mambrin
Victória Martini Sasso
Gessieli Possebom
Bianca Knebel Del Frari
Jover da Silva Alves
Anderson Cesar Ramos Marques
DOI 10.35587/brj.ed.0000425

CAPÍTULO 0439

AVALIAÇÃO DOS INDICADORES BIOLÓGICOS DO SOLO EM PLANTIOS DE PALMA DE ÓLEO, NO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA DO PARÁ.

Auriane Consolação da Silva Gonçalves
Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo
Manoel Tavares de Paula
Rosecélia Moreira da Silva Castro
Orivan Maria Marques Teixeira
Pedro Moreira de Sousa Junior
Maricely Janette Uria Toro

DOI 10.35587/brj.ed.0000426

CAPÍTULO 0551

BATATA PRODUZIDA A PARTIR DE MICROPROPAGAÇÃO E DE MINUTUBÉRCULOS SOB NÍVEIS DE FÓSFORO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.

Darlene Sausen
Riteli Baptista Mambrin
Daniela Buzatti Cassanego
Jover da Silva Alves
Aline Soares Pereira
Athos Odin Severo Dorneles
Katieli Bernardy
Raíssa Schwalbert
DOI 10.35587/brj.ed.0000427

CAPÍTULO 0660

PERFIL MICROBIOLÓGICO E POTENCIAL SIMBIÓTICO DE GELADOS COMESTÍVEIS LIGHT ADICIONADOS DE FARINHA DE MANDIOCA COZIDA.

Fernando Jünges
Gabrieli Beatriz Ferronato
Marinês Paula Carso
Carla Adriana Pizzarro Schmidt
Valdemar Padilha Feltrin
Elciane Regina Zanatta
Celeide Pereira
DOI 10.35587/brj.ed.0000428

CAPÍTULO 0778

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DE PEIXES CONGELADOS COMERCIALIZADOS EM SUPERMERCADOS DA SEDE DO MUNICÍPIO DE CRUZ DAS ALMAS, BAHIA.

Norma Suely Evangelista-Barreto
Jailza Cruz Fernandes
Marcelo Carneiro de Freitas
Ítalo da Silva Santana
DOI 10.35587/brj.ed.0000429

CAPÍTULO 0891

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SUBSTRATOS E ADUBAÇÕES ORGÂNICAS SOB A PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇUCAR.

Haroldo Wilson da Silva
Luis Eduardo Vieira Pinto
Thadeu Henrique Novais Spósito
Arleto Tenório dos Santos
Angela Madalena Marchizelli Godinho
Eudes Barros de Araújo
DOI 10.35587/brj.ed.0000430

CAPÍTULO 09102

ARDUINO UMA TECNOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA A TERMOMETRIA DE GRÃOS ARMAZENADOS.

Rafael de Almeida Schiavon
Íthalo Souza Nogueira
Gabriel Batista Borges
Heron Scaparo de Holanda
Larissa Kathllen de Castro
DOI 10.35587/brj.ed.0000431

CAPÍTULO 10117

PRODUTO ALTERNATIVO PARA O MERCADO BRASILEIRO: SANDUÍCHE DE HAMBÚRGUER DE CAJU E EMULSÃO DE CASTANHA DE CAJU

Maria Fernanda Brandão Santos
Ana Cristina M. M. Cabral
Nelson Roberto Furquim
DOI 10.35587/brj.ed.0000432

CAPÍTULO 11130

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E DO VALOR ENERGÉTICO DAS FARINHAS OBTIDAS A PARTIR DE AMÊNDOAS DO CERRADO.

Maria Lícia Lopes Morais Araújo
Zelita Melo Fortes de Cerqueira
Sarry Leonardo de Araújo Mororó
Clélia de Moura Fé Campos
Débora Thais Sampaio da Silva
Ana Karine de Oliveira Soares
Cláudio Marcos Soares Nonato
Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo
DOI 10.35587/brj.ed.0000433

CAPÍTULO 12139

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO HIDROMEL TIPO DOCE.

Isabelle Valente de Oliveira
Bruna Mie Okaneku
Charline Soares dos Santos Rolim
Daiane Lavareda Araujo
Leonardo do Nascimento Rolim
Emerson Cardoso Rodrigues
Wenderson Gomes dos Santos
DOI 10.35587/brj.ed.0000434

CAPÍTULO 13156

CONTROLE DE QUALIDADE NA OPERAÇÃO DE RECOLHIMENTO DO AMENDOIM E TEOR DE ÁGUA NAS VAGENS

Rodrigo Silva Alves
Victor Augusto da Costa Escarela
Mariel Gomes da Silva
Thiago Orlando Costa Barboza

Amanda Severino Soares
Gervásio Pegoraro
Carlos Alessandro Chioderoli
DOI 10.35587/brj.ed.0000435

CAPÍTULO 14163

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *VARRONIA DARDANI*
(TARODA) J.S. MILL E SUA ATIVIDADE ANTIBIOFILME.

Carlos Arthur Gouveia Veloso
Pedro Henrique Sette de Souza
Fernanda Pontes Nóbrega
Ana Cláudia Dantas de Medeiros
Ivana Maria Fechine
José Iranildo Miranda de Melo
Josean Fechine Tavares
Marcelo Sobral da Silva
Vicente Carlos de Oliveira Costa
DOI 10.35587/brj.ed.0000436

CAPÍTULO 15175

EMPREENDIMENTOS HIDROENERGÉTICOS EM SANTA CATARINA: UM
ESTUDO DE CASO EM ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA.

Alexandra Rocha Gomes
Arlene Renk
Silvana Winckler
DOI 10.35587/brj.ed.0000437

CAPÍTULO 16196

EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO NA REMOÇÃO
DO DICLOFENACO SÓDICO.

Eliane Sloboda Rigobello
Angela Di Bernardo Dantas
Luiz Di Bernardo
Eny Maria Vieira
DOI 10.35587/brj.ed.0000438

CAPÍTULO 17208

ATERRO SANITÁRIO DE GOIÂNIA - GO, BRASIL: FUNGOS PATOGÊNICOS E
CUSTEIO DO TRATAMENTO MICOLÓGICO DOS CATADORES DE LIXO EM
RELAÇÃO AO PISO NACIONAL DO SALÁRIO MÍNIMO.

Evandro Leão Ribeiro
Clever Gomes Cardoso
DOI 10.35587/brj.ed.0000439

CAPÍTULO 18219

ELABORAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E MICROBIOLÓGICA DE IOGURTES COM ADIÇÃO DE COCO QUEIMADO E CALDA DE COCO, PREPARADOS A PARTIR DE POLPA DE COCO VERDE DA ESPÉCIE (*COCUS NUCIFERA* L.)

Djavanira Azevêdo da Luz
Marcelo Vinicius da Silva Oliveira
Adenilde Nascimento Mouchrek
Maria da Glória Almeida Bandeira
Victor Elias Mouchrek Filho
DOI 10.35587/brj.ed.0000440

CAPÍTULO 19231

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE POLPAS DE AÇAÍ COMERCIALIZADAS EM UM ESTADO DO NORDESTE BRASILEIRO

Jéssica Keilane da Silva Andrade
Maria das Graças Quaresma Lima Ferreira
Emyle Horrana Serafim de Oliveira
Eliakim Aureliano da Silva
Helber Alves Negreiros
Gleyson Moura dos Santos
Nara Vanessa dos Anjos Barros
Regina Márcia Soares Cavalcante
Joyce Maria de Sousa Oliveira
Maiara Jaianne Bezerra Leal Rios
Crislane de Moura Costa
Marilene Magalhães de Brito
Paulo Victor de Lima Sousa
DOI 10.35587/brj.ed.0000441

CAPÍTULO 20243

ADSORÇÃO DE MINERAIS ALCALINOS UTILIZANDO CINZA DE CASCA DE ARROZ TRATADA DE FORMA ÁCIDA.

Beatriz de Souza Gonçalves Proença
Ailey Aparecida Coelho Tanamati
Miguel Angel Aparício Rodriguez
Nelson Consolin Filho
Lúcio Cardozo Filho
Stéphani Caroline Beneti
DOI 10.35587/brj.ed.0000442

CAPÍTULO 21261

MARCA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM MELOEIRO "GOLDEX" FERTIRRIGADO.

Saul Ramos de Oliveira
Josinaldo Lopes Araújo
Flávio Sarmento de Oliveira
Reynaldo Teodoro de Fátima
Romário Oliveira de Andrade
Caio Franklin Vieira de Figueiredo

Glaucio de Meneses Sousa
Raiff Ramos Almeida Nascimento
DOI 10.35587/brj.ed.0000443

CAPÍTULO 22282

BIOFLOC PARA PRODUCCIÓN DE PECES Y CAMARONES: DATOS, ESTUDIOS
Y EXPERIENCIAS DEL SISTEMA BFT EN LA ACUICULTURA
LATINOAMERICANA.

Thiago Marinho-Pereira
Paulo Henrique Rocha Aride
Bruno Adan Sagratzki Caverio
DOI 10.35587/brj.ed.0000444

CAPÍTULO 23308

POTENCIALIDADES AGROINDUSTRIAL E MULTIFUNCIONAL DE *ANACARDIUM
OCCIDENTALE* LINN.

Leonardo Bruno Aragão de Araújo
Gineide Conceição dos Anjos
Heryka Myrna Maia Ramalho
Maria Aparecida Medeiros Maciel
DOI 10.35587/brj.ed.0000445

SOBRE O ORGANIZADOR.....332

CAPÍTULO 01

PERFIL DA QUALIDADE DO SOLO PARA O CULTIVO DE ANDIROBA (CARAPA GUIANENSIS AUBL.) EM DIFERENTES MESORREGIÕES DO ESTADO DO PARÁ.

Orivan Maria Marques Teixeira

Doutorando do programa de pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da RedeBIONORTE pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emilio Goeldi

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará – UFPA – Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.

E-mail: orivan.teixeira@embrapa.br

Williams Jorge da Cruz Macêdo

Professor do programa de pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da RedeBIONORTE pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emilio Goeldi

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará – UFPA – Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.

E-mail: williamsmacedo@yahoo.com.br

Pedro Moreira de Sousa Junior

Professor Adjunto da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema

Endereço: Avenida Barão de Capanema SN, Bairro Caixa D'água, Capanema, Pará, Brasil.

E-mail: pedro.junior@ufra.edu.br

Simone de Fátima Pinheiro Pereira

Professora Titular da Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emilio Goeldi

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará – UFPA – Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.

E-mail: 3-simonefp@ufpa.br

Alberdan Silva Santos

Professor Associado da Universidade Federal do Pará

Instituição: Laboratório de Investigação Sistemática em Biotecnologia e Biodiversidade Molecular/Universidade Federal do Pará

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará – UFPA – Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.

E-mail: alberdan.ufpa@gmail.com

Auriane Consolação da Silva Gonçalves

Doutoranda do programa de pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da RedeBIONORTE pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emilio Goeldi

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará- UFPA - Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.
E-mail: auriane.goncalves@embrapa.br

Mateus Higo Daves Alves

Graduando em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema

Endereço: Avenida Barão de Capanema SN, Bairro Caixa D'água, Capanema, Pará, Brasil.

E-mail: mateushigo.alves@gmail.com

Paulo Victor Queiroz Teixeira

Graduando em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Instituto de Tecnologia - Universidade Federal do Pará- UFPA - Guamá, Belém - PA, 66075-110, Pará, Brasil.

RESUMO: Na Amazônia, existem diversos estudos sobre a ocorrência de espécies florestais oleaginosas, sobretudo, há o interesse econômico no plantio de espécies nativas que produzam óleo de elevado valor comercial. Entretanto, os solos pouco férteis e a indisponibilidade de nutrientes são fatores relevantes, que precisam ser investigados e corrigidos para o crescimento e desenvolvimento de projetos que promovam estas espécies. No estudo optou-se por áreas de florestas nativas onde se desenvolve a espécie *Andiroba* (*Carapa guianensis* Aubl.). Foram coletadas amostras na profundidade de 0 a 20 cm, em vinte e um municípios nas seis mesorregiões do Estado do Pará, e avaliado os nutrientes do solo para prospecção dos indicadores de qualidade. As mesorregiões Metropolitana de Belém e Marajó, apresentaram excelentes indicadores para o desenvolvimento da andirobeira, com ciclagem de nutrientes ativa importante para a manutenção de ecossistemas florestais, principalmente em solos de baixa fertilidade natural, como a maioria dos solos amazônicos. Desta forma foi possível mensurar os indicadores da qualidade do solo nas mesorregiões paraenses, com ocorrência da espécie oleaginosa andiroba e sua adaptação aos diferentes tipos de solo, assim informando quais os solos, das regiões estudadas, apresentaram condições satisfatórias de fertilidade para implementação de projetos de plantio de espécies oleaginosas.

PALAVRAS-CHAVE: Fertilidade do solo, Municípios paraenses, Andirobeira.

ABSTRACT: In the Amazon, there are several studies on the occurrence of oleaginous forest species, above all, there is an economic interest in planting native species that produce oil of high commercial value. However, poorly fertile soils and the lack of nutrients are relevant factors that need to be investigated and corrected for the growth and development of projects that promote these species. In the study, we opted for areas of native forests where the *Andiroba* species (*Carapa guianensis* Aubl.) Develops. Samples were collected at a depth of 0 to 20 cm, in twenty-one municipalities in the six mesoregions of the State of Pará, and the soil nutrients were evaluated to prospect for quality indicators. The metropolitan mesoregions of Belém and Marajó, presented excellent indicators for the development of andirobeira, with active nutrient cycling important for the maintenance of forest ecosystems, mainly in

soils of low natural fertility, as most of the Amazonian soils. In this way it was possible to measure the soil quality indicators in the mesoregions of Pará, with the occurrence of the oleaginous species andiroba and its adaptation to different types of soil, thus informing which soils, in the studied regions, presented satisfactory conditions of fertility for the implementation of projects of planting of oilseed species.

KEYWORDS: Soil fertility, Pará municipalities, Andirobeira.

1. INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

O solo é um recurso natural essencial ao funcionamento do ecossistema amazônico, sendo um dos responsáveis pelo equilíbrio ambiental, servindo como base para o crescimento de vegetais, e habitat para animais e microrganismos, regulando o fluxo de água e nutrientes, minimizando a degradação de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente (LARSON & PIERCE, 1994).

Carvalho et al. (2003), afirmam que a preocupação com a qualidade do solo tem crescido na medida que seu uso e mobilização intensiva podem diminuir a sua capacidade de manter uma produção biológica sustentável. Desta forma, o monitoramento dos indicadores com vista à preservação da sua qualidade é de extrema importância para a obtenção de uma produção continuada (FIALHO et al., 2006).

A avaliação de um indicador constitui um planejamento que pode privilegiar o cultivo diversificado de plantas, promovendo o desempenho eficiente das funções do solo, determinando a qualidade ambiental e alcançando o cultivo contínuo de espécies diversificadas (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009).

A qualidade do solo é entendida como a capacidade de sustentar a produtividade biológica do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde de plantas e/ou animais e do próprio ser humano (DORAN et al., 1996; SPOSITO & ZABEL, 2003). Segundo Aragão et al. (2012), avaliar a qualidade do solo requer o monitoramento de alguns parâmetros que variam com as mudanças de fatores externos. Para uma avaliação adequada da qualidade do solo é necessário, que se realize a determinação de atributos químicos e indicadores de fertilidade, pois somente dessa forma é possível definir as reais condições para o desenvolvimento de determinada cultura (LOPES, 1998).

A avaliação de solos, utilizando-se atributos químicos e físicos como indicadores, constitui um trabalho constante em sistemas produtivos com o objetivo de propor usos do solo mais sustentáveis. Assim, a menor variação dos atributos do solo na vegetação nativa quando comparada com a dos solos de usos agrícolas, a torna um referencial para avaliação de solos incorporados a sistemas agrícolas (CORRÊA et al., 2009).

Para o plantio de espécies como a Andirobeira (*Carapa guianensis* Aubl.), autores como Souza et. al.(2006), relatam que esta espécie é bem adaptada à região amazônica, apresentando bom desenvolvimento (árvores de grande porte) em áreas

de clima tropical úmido, e também tem adaptação em terra firme, porém com menor desenvolvimento (médio à pequeno porte).

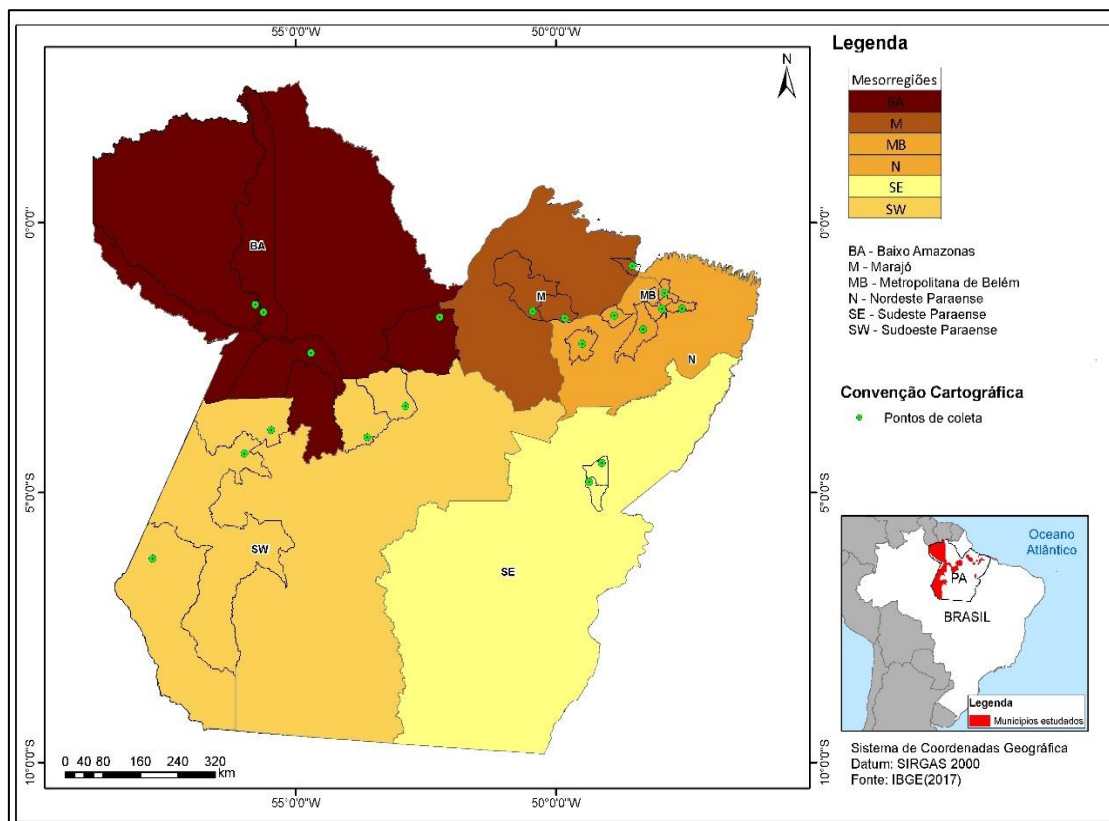
Assim, o objetivo deste trabalho foi estabelecer índices de qualidade do solo sob floresta nativa nas diferentes mesorregiões do Estado do Pará, por meio da avaliação integrada de atributos químicos do solo em áreas de ocorrência de espécies oleaginosas como a Andirobeira.

2. METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Com o intuito de traçar um perfil regional do estado do Pará, a coleta foi realizada nas 6 (seis) mesorregiões (Figura 1) que compreende as: MB (mesorregião Metropolitana de Belém); N (mesorregião do Nordeste Paraense); M (mesorregião do Marajó); BA (mesorregião do Baixo Amazonas); SW (mesorregião do Sudoeste Paraense); SE (mesorregião do Sudeste Paraense), no período que compete de 12(doze) meses entre agosto/2017 a julho/2018.

Figura 1: Mapa do Estado do Pará com mesorregiões delimitadas.



Fonte: Elaborado Pelo Autor

2.2 COLETA E AMOSTRAGEM

O estudo ocorreu em área de floresta com risco potencial de degradação, com pontos de coleta de solo georreferenciados. Todas as áreas referentes a este estudo possuem características de solo e topografia similares, em cada área analisada a amostragem de solo foi realizada de forma aleatória na camada de 0-20 cm, sendo retiradas 03(três) amostras simples as quais foram homogeneizadas, formando uma amostra composta, os solos foram acondicionados em sacos plásticos identificados e levados ao laboratório. As amostras de solo foram secas ao ar, passadas em peneiras com malha de 2 mm de diâmetro e analisadas quimicamente de acordo com procedimentos analíticos segundo EMBRAPA (2011).

2.3 DETERMINAÇÃO ANALÍTICA

Para extração dos nutrientes fósforo assimilável (P), potássio trocável (K+1), cálcio trocável (Ca+1), magnésio trocável (Mg+1) e alumínio trocável (Al+1), utilizou-se os métodos de extração por Mehlich 3 (EMBRAPA, 2011) e quantificou-se por instrumentação utilizando determinador elementar MP-OES (Espectrometria de emissão ótica por plasma induzido por micro-ondas).

A acidez ativa do solo (pH) foi determinada de forma direta (phmetro), para determinação da acidez potencial (H+Al) utilizou-se o método da solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 segundo Raij et. al., (2001). Na determinação da matéria orgânica utilizou-se o método proposto Walkey-Black (EMBRAPA, 2011).

A partir dos dados obtidos foram utilizadas as equações 1, 2, 3, 4 e 5 para determinar a Soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (T), capacidade de troca de cátions efetiva (t), saturação por alumínio trocável (m%) e saturação por bases trocáveis (V) de acordo com Embrapa (2011).

$$SB = K^{+} + Na^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+} \quad \text{Equação 1}$$

$$T = K^{+} + Na^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+} + H^{+} + Al^{3+} \quad \text{Equação 2}$$

$$t = K^{+} + Na^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Al^{3+} \quad \text{Equação 3}$$

$$m (\%) = 100 (Al^{3+} \div t) \quad \text{Equação 4}$$

$$v (\%) = 100 (SB \div T) \quad \text{Equação 5}$$

2.4 TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A qualidade do solo das áreas, foram avaliadas levando em consideração a distribuição normal das características avaliadas e a comparação realizada com base nos desvios entre as áreas nativas e a de referência proposta pelos autores Prezotti e Martins (2013) e Cravo (2010). Todos os resultados foram avaliados por métodos de estatística básica utilizando o software estatístico R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

A análise química de solo para fins de avaliação da fertilidade apresenta, em geral, resultados indicadores de impedimentos químicos ao desenvolvimento do sistema radicular e da disponibilidade de nutrientes, além de indicadores complementares para a avaliação da fertilidade (ALVES *et al.*, 2019). A tabela 2 estão descritos os valores médios dos atributos químicos dos solos dos municípios do Estado do Pará para cada mesorregião estudada.

Na tabela 1 verifica-se que o pH se destacou nas mesorregiões do Marajó (pH = 4,88) e Baixo Amazonas (pH = 4,64), com os valores mais baixos do que os recomendados por Prezotti e Martins (2013) (pH = 5,0-5,9). Os mesmos autores citam que solos com valores baixos de pH geralmente apresentam baixa atividade de microrganismos e baixa saturação por bases indicando a necessidade de correção do solo para a maiorias das culturas.

A matéria orgânica (M.O) teve como destaque o Sudeste Paraense (M.O = $12,49\text{g.kg}^{-1}$) que apresentou valores abaixo do que os sugeridos por Prezotti e Martins (2013) e Brasil e Cravo (2007), 19g.kg^{-1} e $15\text{-}30\text{g.kg}^{-1}$, respectivamente. Essa característica indica que esta mesorregião apresenta o menor potencial produtivo disponível para absorção de plantas, contradizendo Marques *et al.* (2016), que cita em suas pesquisas, a grande potencialidade solo amazônicos de armazenamento de carbono, apresentando assim elevados valores de M.O.

Os resultados de fósforo (P) selecionaram a região Metropolitana de Belém (P = $6,60\text{ mg.dm}^{-3}$), Marajó (P = $4,05\text{ mg.dm}^{-3}$) e Sudoeste Paraense (P = $4,03\text{ mg.dm}^{-3}$) como aquelas que possuem os menores teores médios quando comparados aos sugeridos por Brasil e Cravo (2007) (P = $7,1\text{-}15\text{ mg.dm}^{-3}$). Uma das relevâncias do fósforo está relacionada à capacidade fotossintética, na qual está envolvida a transferência de cargas de energia, produção de ATP (adenosina trifosfato),

translocação, dentre outros processos metabólicos (FERNANDES, 2006). Prezotti e Martins (2013), relata que a maioria das culturas cultivadas em solo com este teor de P provavelmente terá baixa produtividade devido à baixa disponibilidade desse elemento.

Sobre o parâmetro potássio (K^+), destaca-se o Sudeste Paraense ($K^+ = 102,59 \text{ mg.dm}^{-3}$) como a mesorregião com maior concentração quando comparado ao valor de referência ($K^+ = 30-60 \text{ mg.dm}^{-3}$). Autores como Lopes (1998), caracterizam o potássio como sendo de extrema importância para o crescimento das plantas, e em altas concentrações pode proporcionar a planta uma grande resistência a pragas, além de influenciar na qualidade da maioria das culturas, com o aumento de peso das sementes como por exemplo.

Em relação ao elemento cálcio (Ca^{+2}), foi observado que as mesorregiões Metropolitana de Belém ($Ca^{+2} = 1,32 \text{ mg.dm}^{-3}$), Baixo Amazonas ($Ca^{+2} = 1,21 \text{ mg.dm}^{-3}$) e Sudeste Paraense ($Ca^{+2} = 1,24 \text{ mg.dm}^{-3}$) apresentaram as menores concentrações quando comparadas aos valores recomendados pelos autores Prezotti e Martins (2013) e Brasil e Cravo (2007) $1,5-4,0 \text{ mg.dm}^{-3}$ e $1,6-3,0 \text{ mg.dm}^{-3}$, respectivamente. Tal característica indica que o solo apresenta uma baixa fertilidade, prejudicando a maioria das culturas. Além disso, na maioria dos solos de elevados níveis de acidez acabam inativando elementos químicos como cálcio e magnésio (FREITAS *et al.*, 2017). O Magnésio (Mg^{+2}) foi selecionado por apresentar concentração elevada ($Mg^{+2} = 1,54 \text{ mg.dm}^{-3}$) na mesorregião Metropolitana de Belém. Devido a semelhanças entre suas propriedades químicas, tanto o Ca^{+2} quanto o Mg^{+2} apresentam comportamento semelhante no solo. Portanto, as mesmas características descritas para o elemento cálcio, são estendidas ao magnésio.

Sobre a variável alumínio (Al^{+3}) as informações mais relevantes estão relacionadas às mesorregiões Metropolitana de Belém ($Al^{+3} = 1,10 \text{ mg.dm}^{-3}$) e Marajó ($Al^{+3} = 1,48 \text{ mg.dm}^{-3}$) devido aos seus valores médios estarem acima dos valores admitidos como referência para esse estudo. Lopes (1998) comenta em sua pesquisa que geralmente em solos com pH entre 5,5 a 6,0 o alumínio pode apresentar-se mais disponível na forma de alumínio trocável (Al^{+3}) a partir da formação do $Al(OH)_3$ tornando o solo potencialmente tóxico para culturas.

Em relação à Andiroba, as condições elencadas satisfazem os requisitos para o bom desenvolvimento. Segundo Ferreira *et al.* (2001), essa espécie possui várias qualidades entre elas: a de apresentar uma grande plasticidade, com bom

desenvolvimento sob condições de sombreamento e desempenho favorável em plantios a pleno sol. Ele também cita que em sistemas agroflorestais, a Andiroba se mostra bastante promissora no seu desenvolvimento inicial, podendo ajudar nas respostas às interações existentes entre os componentes.

Tabela 1: Teores médios dos atributos químicos dos solos de áreas nativas dos municípios do Estado do Pará, por Mesorregiões.

Mesorregião*	Municípios	pH	M.O	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³
		água	g.kg ⁻¹	mg.dm ⁻³		cmol _c .dm ⁻³		
MB	Santa Isabel	5,03	8,78	1,91	17,5	0,40	0,50	0,90
	Castanhal	5,20	23,9	15,16	116,	1,77	1,10	1,40
	Bujaru	5,53	15,3	2,74	58,8	1,80	3,03	1,00
Média		5,25	16,0	6,60	64,1	1,32	1,54	1,10
N	Abaetetuba	5,27	25,2	15,44	53,9	1,40	0,87	0,40
	Acará	4,70	16,5	6,93	25,2	0,57	0,43	1,07
	Cametá	4,70	30,6	16,69	56,0	1,30	0,97	1,13
	São Miguel do	5,40	36,8	6,55	35,0	3,57	1,17	0,27
Média		5,02	27,3	11,40	42,5	1,71	0,86	0,72
M	Curralinho	5,07	70,3	5,92	96,6	6,98	2,52	0,80
	Salvaterra	4,97	6,89	2,71	15,4	0,47	0,27	1,00
	Breves	4,60	3,15	3,51	40,6	0,47	0,50	2,63
Média		4,88	26,7	4,05	50,8	2,64	1,10	1,48
BA	Santarém	4,50	7,60	12,80	18,2	0,33	0,27	1,20
	Oriximiná	4,77	68,3	8,99	63,7	3,70	1,47	0,40
	Óbidos	4,97	3,26	8,73	37,1	0,40	0,40	0,87
	Porto de Mós	4,33	4,60	1,58	16,1	0,40	0,37	1,40
Média		4,64	20,9	8,03	33,7	1,21	0,63	0,97
SE	Nova Ipixuna	5,33	7,61	19,23	105,	0,90	0,53	0,30
	Jacundá	5,07	17,3	5,55	100,	1,57	1,23	0,27
Média		5,20	12,4	12,39	102,	1,24	0,88	0,29
SW	Medicilândia	4,77	2,73	1,68	28,7	0,60	0,60	1,63
	Uruará	5,57	7,15	5,65	63,0	1,50	0,27	0,10
	Itaituba	4,20	17,7	4,97	43,4	0,40	0,40	2,17
	Jacareacanga	4,73	12,2	4,04	35,7	0,43	0,30	1,00
	Aveiro	5,67	52,5	3,82	91,7	7,43	2,37	0,10
Média		4,99	18,4	4,03	52,5	2,07	0,79	1,00
Valores médios de referência								
Prezotti e Martins (2013)		5,0-	19	--	--	1,5-	0,5-	0,3-
Brasil e Cravo (2007)		--	15-30	7,1-15	30-	1,6-	0,4-	0,5-

* MB: Metropolitana de Belém, N: Nordeste Paraense, M: Marajó, BA: Baixo Amazonas, SE: Sudeste Paraense, SW: Sudoeste Paraense. pH: potencial hidrogeniônico, M.O: matéria orgânica, P: fósforo, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, Al: alumínio.

Fonte: Teixeira (2020).

3.2 AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

A soma de bases (SB) é um dos indicadores da fertilidade do solo, e quanto maior for o valor obtido para este parâmetro, maior será a disponibilidade de nutrientes. Segundo Ronquim (2010), a capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva, determina a quantidade de cátions Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} que o solo é capaz de reter.

Assim como as somas de bases (SB), a acidez potencial (H+Al) também tem similaridades com a CTC, isto é explicado pelo fato da H+Al exercer influência direta no cálculo da CTC, a qual poderá ser observado pela correlação entre esses dois atributos (SALVIANO *et al.*, 1998).

A análise envolvendo CTC e H+Al deve ser observada, pois a CTC total é o somatório de K, Ca, Mg e H+Al, e solos com o mesmo valor de CTC apresentarão H+Al com valores distintos, dependendo do pH (CARVALHO *et al.*, 2003).

A partir das determinações dos atributos químicos e acidez potencial (H+Al), foram determinados os indicadores referentes à fertilidade do solo, são eles: soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), e saturação por bases (V%), conforme a Tabela 2.

No que se refere ao parâmetro (H+Al), a principal informação extraída direciona para o estudo comparativo entre as médias das mesorregiões e os valores adotados como referência. Foi constatado que todas apresentam valores acima do intervalo de 2,5 – 5,0 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, com exceção da mesorregião sudeste paraense. O valor elevado desse parâmetro indica que esses solos apresentam limitações para o desenvolvimento da maioria das culturas. Prezotti e Martins (2013), relata em suas pesquisas que geralmente os valores de H+Al são maiores em solos ricos em matéria orgânica, principalmente se estes apresentarem baixos valores de pH. Tal característica se comprovam quando confrontamos os atributos químicos das mesorregiões Metropolitana de Belém, Nordeste Paraense e Marajó.

Para a CTC_{Total} verifica-se a presença de 2 (dois) valores relativamente elevados 14,56 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e 10,97 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ correspondente a Metropolitana de Belém e Marajó, respectivamente. Quando o solo apresenta valores acima de 10 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ geralmente tem elevado poder tampão, necessitando de maior quantidade de calcário para alterar o pH (SOBRAL, *et al.*, 2015). Tal condição conduz para uma maior retenção de cátions no solo, tornando-o relativamente instável quanto à disponibilidade de nutrientes.

As considerações acerca da soma de bases, concentram-se na mesorregião do Baixo Amazonas (SB = 2,03 cmolc.dm⁻³), pois a mesma apresenta concentração menor do que o intervalo de referência citado por Brasil e Cravo (2007) (2,5-7,0 cmolc.dm⁻³). Segundo Ronquim (2010), baixos teores de SB são indicativos de baixa disponibilidade de nutrientes no solo. Os principais nutrientes do solo são P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e quando se correlaciona com os atributos químicos é confirmada que a localidade em questão apresenta as menores concentrações.

Em relação ao parâmetro saturação por bases, é identificado que todas as regiões apresentaram concentrações menores do que valores referência (50-70%). Essa condição significa que existe uma maior adsorção de Al³⁺ e H⁺, e quantidades menores dos cátions básicos Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺, adsorvidos nos colóides do solo (ALVAREZ et al.,1999). Os teores elevados de Al³⁺ são confirmados nas mesorregiões Metropolitana de Belém e Marajó, enquanto que em relação aos nutrientes, verificados através da soma de bases, somente a mesorregião do Marajó se destaca.

Correlacionando os atributos químicos e os parâmetros de fertilidade do solo, foi possível selecionar as mesorregiões que apresentaram as condições mais satisfatórias para o plantio e desenvolvimento da Andirobeira, que são as mesorregiões Metropolitana de Belém e Marajó, desde que sejam realizados tratamentos de correção do solo.

Tabela 2: Teores médios de acidez potencial (H+Al), capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB) e saturação por bases trocáveis (V%) dos municípios paraenses, por mesorregiões.

Mesorregião*	Municípios	H+Al	CTC _{Total}	SB	V
		cmol _c .dm ⁻³		(%)	
MB	Santa Isabel	4,57	5,60	1,03	18,49
	Castanhal	24,26	27,87	3,62	12,99
	Bujaru	4,95	10,21	5,26	51,53
Média		11,26	14,56	3,30	27,67
N	Abaetetuba	5,17	7,76	2,58	33,32
	Acará	5,28	6,45	1,16	18,11
	Cametá	7,92	10,52	2,60	24,70
	São Miguel do Guamá	7,32	12,32	5,01	40,63
Média		6,42	9,26	2,84	29,19
M	Curralinho	9,90	19,98	10,08	50,46
	Salvaterra	3,41	4,29	0,88	20,47
	Breves	7,43	8,64	1,21	14,05
Média		6,91	10,97	4,06	28,33
BA	Santarém	4,68	5,40	0,73	13,44
	Oriximiná	12,76	18,27	5,51	30,18
	Óbidos	4,73	5,74	1,01	17,62
	Porto de Mós	6,27	7,14	0,87	12,14

Média		7,11	9,14	2,03	18,35
SE	Nova Ipixuna	3,19	5,15	1,95	38,02
	Jacundá	5,06	8,44	3,38	40,06
Média		4,13	6,80	2,67	39,04
SW	Medicilândia	5,56	6,92	1,37	19,73
	Uruará	1,21	3,28	2,07	63,18
	Itaituba	9,35	10,41	1,06	10,17
	Jacareacanga	6,27	7,21	0,94	13,01
	Aveiro	6,49	16,74	10,25	61,25
Média		5,78	8,91	3,14	33,47
Valores médios de referência					
Prezotti e Martins (2013)		2,5-5,0	4,5-10,0	2,0 – 5,0	50-70
Brasil e Cravo (2007)		2,5-5,0	5,0-15,0	2,5 – 7,0	50-70

* MB: Metropolitana de Belém, N: Nordeste Paraense, M: Marajó, BA: Baixo Amazonas, SE: Sudeste Paraense, SW: Sudoeste Paraense. H+Al: acidez potencial, CTC_{Total}: capacidade de troca de cátions total, SB: soma de bases, V: saturação por bases.

Fonte: Teixeira (2020).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral os indicadores da qualidade de solo foram influenciados pela amostragem realizada em áreas adjacentes as Andirobeiras (*Carapa guianensis* Aubl.). Entre os indicadores estudados, como CTC, SB, H+Al e V, pode-se destacar que as determinações dos atributos químicos foram importantes no equacionamento destes indicadores, onde se verificou a qualidade dos solos das mesorregiões estudadas.

Nota-se que os solos das mesorregiões analisadas apresentaram diferenças significativas. Considerando indicadores como CTC, SB e V, assim como foi possível determinar que as mesorregiões Metropolitana de Belém e Marajó são as regiões nas quais provavelmente o cultivo da Andiroba apresentará bons resultados devido aos melhores indicativos da qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F. de; BARROS, N.F. de; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5a aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.
- ALVES, M. H. D. et al. Levantamento das propriedades químicas do solo com diferentes usos agrícolas no baixo Amazonas, Pará. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 12, p. 28983-28996, 2019.
- ARAGÃO, D. V. et al. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense- *Acta amazônica* v. 42 n. 1, p 11-18, 2012.
- CARVALHO, M. P. et al. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p. 695-703, 2003.
- CORRÊA, R. M. et al. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.305-314, 2009.
- CRAVO, M. da S. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará. Belém-PA: Embrapa Amazônia Oriental, p 262. 2010.
- DORAN, J.W.; JONES, A.J. Methods for assessing soil quality. Madison, SSSA, 1996. 410p. (Special, 49)
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. 2ªed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230p, 2011.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. 2 ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF. 627p. 2009.
- FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p 254-273, 2006.
- FERREIRA, S. J. F. et al. Nutrientes no solo em floresta de terra firme cortada seletivamente na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 31(3): p. 381-396, 2001.
- FIALHO, J. S. et al. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi CE. *Revista Ciência Agronômica*, v.37, n.3, p.250-257,2006.
- FREITAS, F. O. S.; COSTA, W. S.; SOARES, I. Interação entre cálcio e Magnésio sobre a correção da acidez e disponibilidade de cátions no solo. *Revista Encontros Universitários da UFC*, Fortaleza, v. 2, n. 1, p. 5236, nov. 2017.
- LOPES, A. S. Manual internacional de fertilidade do solo. 2.ed. Piracicaba, Potafós, 1998. 177p.
- PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA special publication, 35).

PREZOTTI, L. C.; MARTINS, A. G. Guia de interpretação de análise de solo e foliar. Vitória, ES: Incaper, 2013.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SALVIANO, A. A. C. et al. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. Revista Brasileira de Ciência do Solo v.22 p. 115-122, 1998.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. de V.; SILVA, A. J. da; ANJOS, J. L. dos. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 15 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 206).

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The Assessment of soil Quality. Geoderma, 114(3/4): p. 143-144, 2003.

SOUZA, Z. M. de; MARQUES JÚNIOR, J.; COOPER, M.; PEREIRA, G. T. Micromorfologia do solo e sua relação com atributos físicos e hídricos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.487-492, 2006.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 04, p. 743-755, 2009

CAPÍTULO 02

MODELING AND MULTIVARIATE ANALYSIS OF THE PRODUCTION PROCESS OF ALPHA-HYDROXY ACIDS AND HYDROGEN BY ELECTRO-OXIDATION OF GLYCEROL.

Eduardo Dória Silva

Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco
Endereço: Avenida dos Economistas S/N, Cidade Universitária, Recife, PE – Brasil
E-mail: dsedoria@gmail.com

Nelson Medeiros de Lima Filho

Doutor em Engenharia Química dos Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine-INPL/Nancy-França
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco
Endereço: Rua Artur de Sá S/N, Cidade Universitária, Recife, PE - Brasil
E-mail: nelel@uol.com.br

Humberto Dória Silva

Doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine-França
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco
Endereço: Av. Arthur de Sá S/N, Cidade Universitária, Recife, PE – Brasil
E-mail: hdorias@gmail.com

ABSTRACT: The electro-oxidation of alkaline solutions of glycerol to obtain alpha-hydroxy acids and hydrogen is a sustainable procedure of a renewable nature, with the raw material derived from the co-production of biodiesel. The system is composed of a stirred tank electrochemical reactor built "ad-hoc" with a cell separated by ceramic where oxygen is generated to produce acids and hydrogen. The present studies were conducted by controlling the variables: temperature (°C), molar ratio (mol/mol) and current density (mA/cm²), based on experimental design and cyclic voltammogram. The empirical model and multivariate analysis were obtained through data collected by HPLC with a refractive index detector. This analysis presents the conversion of glycerol to tartronic and oxalic acid associated with the current density corresponding to factor1. Factor2 reveals the productivity of glyceric acid and glycolic acid related to molar ratio. The accumulated percentage of the two factors were more than 75% representative. The empirical model built from experimental planning had an error of less than 5%. The best phenomenological model experienced had an average error of less than 7%. From this model, the amount of hydrogen generated in the NTP was calculated.

KEYWORDS: Glycerol electro-oxidation, alpha hydroxy acids, hydrogen, empirical and phenomenological modeling, multivariate analysis

RESUMO: A eletro-oxidação de soluções alcalinas de glicerol para obtenção de alfa-hidroxiácidos e hidrogênio é um procedimento sustentável de natureza renovável, com a matéria-prima derivada da coprodução de biodiesel. O sistema é composto por um reator eletroquímico de tanque agitado, construído "ad-hoc" com uma célula separada por cerâmica, onde o oxigênio é gerado para produzir ácidos e hidrogênio. Os presentes estudos foram conduzidos controlando as variáveis temperatura (°C), razão molar (mol / mol) e densidade de corrente (mA / cm²), com base no delineamento

experimental e no voltamograma cíclico. O modelo empírico e a análise multivariada foram obtidos através de dados coletados por HPLC com um detector de índice de refração. Esta análise apresenta a conversão de glicerol em ácido tartrônico e oxálico associado à densidade de corrente correspondente ao fator1. O fator 2 revela a produtividade do ácido glicérico e do ácido glicólico relacionado à razão molar. O percentual acumulado dos dois fatores foi superior a 75% representativo. O modelo empírico construído a partir do planejamento experimental apresentou um erro inferior a 5%. O melhor modelo fenomenológico experimentado teve um erro médio inferior a 7%. A partir desse modelo, foi calculada a quantidade de hidrogênio gerado no NTP.

PALAVRAS-CHAVE: eletro-oxidação de glicerol, alfa-hidroxiácidos, hidrogênio, modelagem empírica e fenomenológica, análise multivariada

1. INTRODUCTION

In this work the electro-oxidation of glycerol was aimed to generate alpha-hydroxy acids and hydrogen as a form of use of the so-called benign echo, also called the totally green pathway (ZHOU and SHEN, 2018). This is a renewable process, adding value to the surplus of glycerol production of a co-product resulting from the production of biodiesel. Biodiesel is well established as green fuel widely marketed in the US and Latin America, especially in Brazil. It is obtained from the transesterification process of triglycerides producing 1kg of glycerin as a co-product of every 10kg of biodiesel (GARCIA, et al., 2017). The product is a subject of great research interest because it involves a high energy density triol as well as because of its high power to add value to products generated from its electro-oxidation (CIRIMINNA, et al., 2014). Thus, is possible the production of the cheapest biofuel, compared to traditional fossil fuel (FARNETTI and CROTI, 2016).

Electrocatalytic processes in most cases are conducted in an alkaline medium with a platinum electrode and have been shown to be efficient in the study of electro-oxidation of glycerol according to the research carried out by Gomes and Tremiliosi-Filho (2011). The use of oxidation of glycerol by electro-oxidation has been shown to be an alternative to catalytic, biochemical and photocatalytic processes. This adds value to the industrial process as it reduces costs because the reactions occur under lighter conditions.

The system uses a stirred electrochemical reactor to reduce the effects of electrode depletion, according to Von Fraunhofer and Banks (1972). This consists of platinum-coated titanium anode, the Ag|AgCl reference electrode, in which acids are produced. These are separated by ceramic from the graphite cathode where the hydrogen is generated. The electrodes connected to the potentiostat operate in a galvanostatic mode because the tests were conducted at constant current.

The experiments were conducted in an alkaline sodium hydroxide medium, much cheaper than potassium hydroxide, but with a higher activity coefficient of up to ten percent for low concentration solutions (SILVA and LIMA FILHO, 2016).

Considering only the reactions detected from the chromatographic analysis, the simplified mechanism of the electrochemical reactions used to obtain the glyceric, tartronic, glycolic, oxalic acids is given by Equations 1 to 4, based on the literature (ROQUET et al., 1994 and FERNANDEZ et al., 2012):

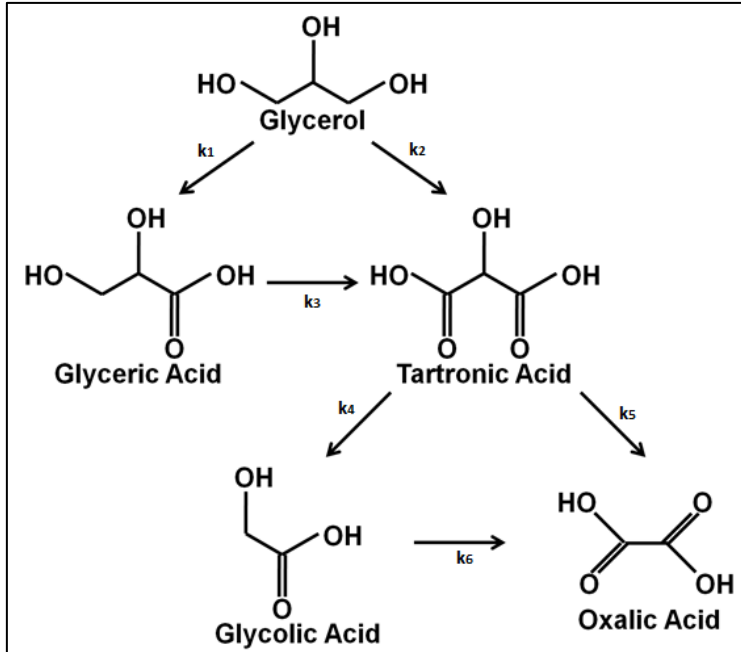


The variables analyzed in the evaluation of the electro-oxidation process were: temperature ($^{\circ}\text{C}$), current density (mA/cm^2) as a function between the intensity and the area that remained constant in this work, and the molar ratio (mol / mol) between the molar concentration of the base and glycerol.

Several kinetic studies on the electro-oxidation process in alkaline solutions with glycerol have reported a first order kinetics related to the phenomenological models according to Simões et al. (2010) using conventional electrodes. Therefore, this knowledge of a kinetic model that can correctly represent the transformation of the glycerol by electro-oxidation is essential in the choice of the operative conditions in function of the researched objective. In the case of the present study, the models that best represented the experimental results were developed by Liang (2009), Gil et al. (2011), Fernandez et al. (2012) and Melle et al. (2019).

Based on the experiments carried out during the development of the glycerol electro-oxidation process, the quantitative evaluation was performed without considering the steps of forming intermediates such as glyceraldehyde. A model involving the kinetic evolution of organic acids quantified during the reaction followed the simplified phenomenological mechanism as shown in Figure 1.

Figure 1: Simplified phenomenological kinetic model



Source: The authors

From the above, the system was constituted by differential equations where time is the independent variable modeled as a function of the dependent variable, in concentrations according to Equations 5 to 9:

$$dC_{GLI} / dt = -(k_1 + k_2)C_{GLI} \quad (5)$$

$$dC_{AGE} / dt = k_1C_{GLI} - k_3C_{AGE} \quad (6)$$

$$dC_{ATA} / dt = k_2C_{GLI} + k_3C_{AGE} - (k_4 + k_5)C_{ATA} \quad (7)$$

$$dC_{AGO} / dt = k_4C_{ATA} - k_6C_{AGO} \quad (8)$$

$$dC_{AOX} / dt = k_5C_{ATA} - k_6C_{AGO} \quad (9)$$

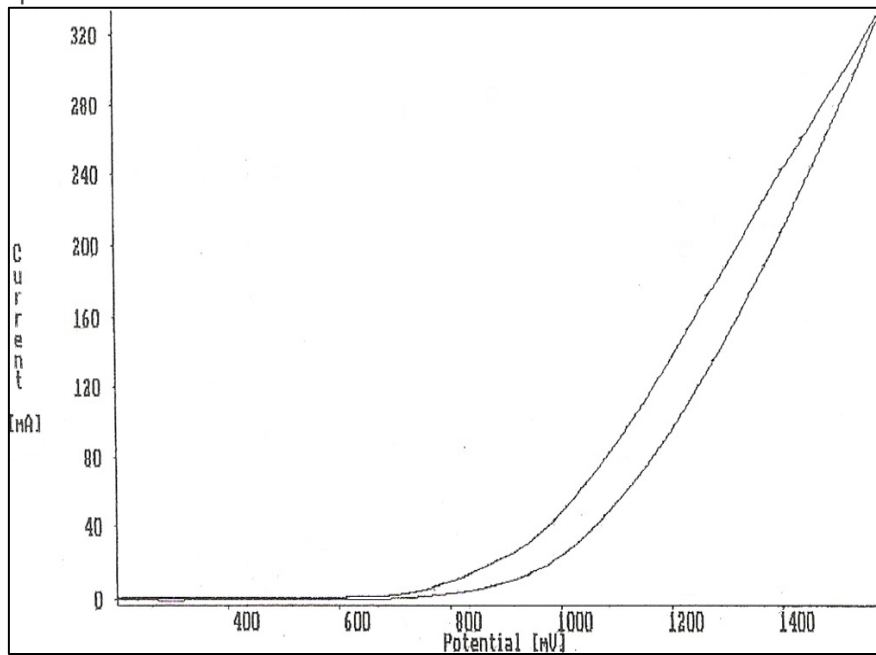
Where k_1 , k_2 , k_3 , k_4 and k_5 are the kinetic parameter constants. C_{GLI} , C_{AGE} , C_{ATA} , C_{AGO} , C_{AOX} represent the mass concentrations of the family of constituents, namely, glycerol (GLI), glyceric acid (AGE), tartaric acid (ATA), glycolic acid (AGO) and oxalic acid (AOX), respectively.

2. METHODOLOGY

In agreement with Coeuret, (1992) Figure 2 deals with an anodic curve located in the region of positive ordinates. This represents the cyclic voltammogram at a scanning speed of 50 mV/s constructed from the best conversion result. The voltammogram establishes the minimum limit of the electro-oxidation process.

This is also indicated by the coordinates of this figure obtained through the filter applied to the fast Fourier transform (FFT). The beginning of the adsorption process occurs at an electric potential of 580.9 mV corresponding to the current intensity of 1.1 mA, where the electro-oxidation of glycerol occurs. The desorption process occurs at the platinum-coated titanium electrode at 1595.7mV and corresponds to the 333.7mA current intensity where glycerol reduction occurs (Gomes et al., 2013).

Figure 2: Cyclic voltammogram of molar ratio 20:1 mol/mol, temperature 323 K conducted at a scanning speed of 50.0 mV / s.



Source: The authors.

The cyclic voltammogram data establishes the initial electro-oxidation conditions for the laboratory equipment. The calculated stoichiometry values allow the design and implementation of an operating system with the objective of initiating evaluations based on experimental planning.

Table 1 below shows the experimental design for the variables under study and represents the lower and upper values that delimit the research and also the respective central points:

Table 1: Experimental planning with molar ratio, current density and temperature.

Variable	Lower	Upper	Center
Molar ratio (mol/mol)	10	30	20
Current density (mA/cm ²)	25	75	50
Temperature (°C)	40	60	50

Source: The authors.

3. RESULTS

The limits of the factorial planning, as reported in Table 1 served to direct the procedures of preparation and analysis of the samples under study. The Pareto diagram of Figure 1 shows the main effects that each of the variables exerts on its subordinate and verifies the existence or absence of effect of the greater order created from the data in Table 2. To obtain the calculations, graphs and Figures, the StatSoft statistical program was used.

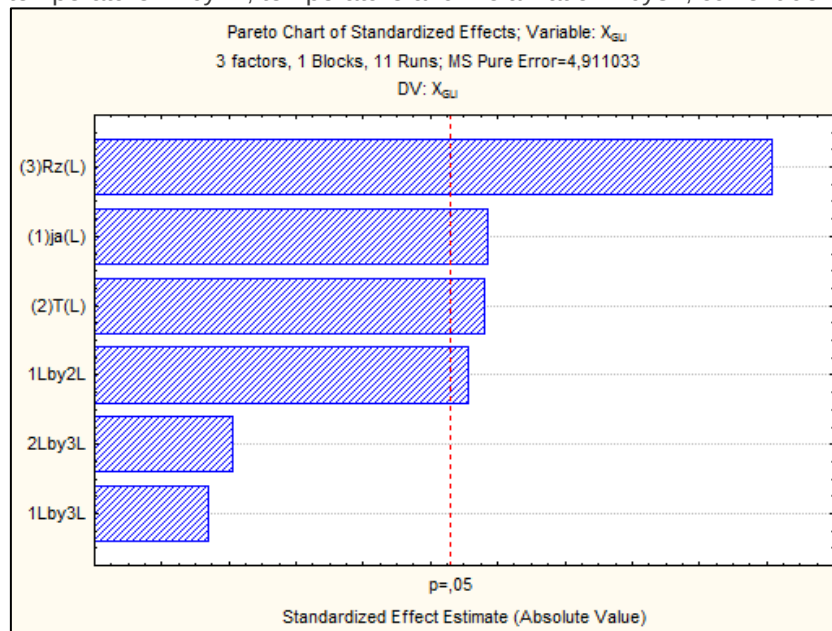
See Table 2 for the conversion values in the format described in Barros Neto et al. (2007).

Table 2: Data resulting from the conversion of glycerol by electro-oxidation

Experiment	Ja (mA/cm ²)	T(°C)	R(mol/mol)	Cv
1	25	40	10	18.63
2	75	40	10	32.61
3	25	60	10	35.31
4	75	60	10	34.32
5	25	40	30	33.78
6	75	40	30	49.26
7	25	60	30	46.44
8	75	60	30	48.31
9	50	50	20	49.36
10	50	50	20	48.10
11	50	50	20	45.08

Source: The authors.

Figure 3: Pareto diagram for molar ratio Rz, current density ja, temperature T, current density and temperature 1Lby2L, temperature and molar ratio 2Lby3L, current density and molar ratio 1Lby3L



Source: The authors.

The diagram of Figure 3 shows the molar ratio (R_z) of the variable with the greatest effect on the conversion, followed by the current density (j_a) and temperature (T) respectively. These represent first order interactions in the diagram. The second-order interaction between the current density (j_a) and the temperature (T) shown in the diagram by 1Lby2L complete the main effects of greater statistical significance with a level of representativity higher than 95%.

The concomitant effect of current density and temperature occurred because the reaction released heat. The other combinations of variables with second order effects were less significant and were therefore not considered in modeling. Thus, the Pareto diagram serves to show the result of the evaluation of the effects of the statistically important variables related to the production of AHA by conversion of the electro-oxidation of the glycerol.

Multivariate analysis refers to a set of statistical methods that enable the simultaneous analysis of multiple measures for each object or phenomenon observed. Thus, methods that allow the simultaneous analysis of more than two variables can be considered as part of this method of analysis.

The factor analysis is a statistical technique used to identify non-directly observable factors of the correlation between a set of observable and measurable variables. It is used to explain their relationship by simplifying these complex structures by representing revealed underlying structures that are not directly observable. The orthogonal rotation employed allows a variable to be identified by a single factor.

From the above, the corresponding load factor in Table 3, the FACTOR1 column, extracted from principal component analysis, reveals a relationship in the yield of tartronic acid (ATA) and oxalic acid (OXA) to (j_a) anodic current density. Increasing current density implies increasing the electrical potential with constant resistance, thus increasing the amount of nascent oxygen in the anodic cell, allowing electro-oxidation in the primary carbon of the glycerol chain.

The FACTOR2 column in Table 3, has the glyceric acid (AGE) and glycolic acid (AGO) yields related to the effect of variable (R_z) molar ratio.

Table 3: Load factors extracted from main components with orthogonal rotation

Variable	Factor1	Factor2
ja	0.7752	-0.4594
T	0.3536	0.0413
Rz	0.3466	0.7935
%AGE	-0.0479	0.8903
%ATA	0.9581	0.0494
%AGO	-0.1965	0.8717
%AOX	0.9255	0.0004
C _{GLI}	0.8265	0.5317

Source: The authors.

By the factor analysis, the current density variable (ja) has a significant direct effect on the determination of all compounds obtained through electro-oxidation the current density variable (ja) results in a corresponding variation in the acquisition of the acids.

The eigenvalues of each factor expressing their individual and cumulative representativeness for yields are in Table 4.

Table 4: Eigenvalue of each factor and respective accumulated

Factor	Eigenvalue	%Total	Accumulated	%Accumulated
1	3.399	42.491	3.399	42.491
2	2.621	32.763	6.020	75.254

Source: The authors.

It appears from the values of the two cumulative factors evaluated in Table 4, that the degree of representativeness of the system is equal to 75.25%.

The phenomenological modeling procedure proceeds by optimization considering minimizing an objective function (f_0) defined as the quadratic difference between the experimental values C_{iexp} and C_{ical} calculated from the concentrations of each component of reaction i, and is given in Equation 10:

$$f_0 = \sum [C_{iexp} - C_{ical}]^2 \quad (10)$$

The reaction constant values of the glycerol electro-oxidation process are shown in Table 5, resulting from the resolution of the differential equations 5 to 9:

Table 5: Reaction constant of the BOX program kinetic model

k	Reaction constant
k ₁	2.10 10 ⁻¹
k ₂	4.05 10 ⁻¹
k ₃	4.26 10 ⁻¹
k ₄	1.65 10 ⁻¹
k ₅	2.56 10 ⁻¹
k ₆	4.59 10 ⁻¹

Source: The authors.

Table 6: Percentage concentration difference between experimental and model data

Description	Concentration difference (%)
Glycerol	5.76
Glyceric acid	6.88
Tartronic acid	6.64
Glycolic acid	6.25
Oxalic acid	7.89
Average error	6.69

Source: The authors.

Under these operating conditions, the estimated volume of hydrogen obtained was 228.325 cm³/h at CNTP and the maximum energy consumption of 108 kJ / mol with an efficiency index of 57.17%.

4. CONCLUSIONS

The empirical model based on the data treatment and delimited through experimental planning presents results compatible with the values established according to Table 1. Lowering the temperature is compensated by the rise in current intensity using the same model. By the law of thermodynamics, it is impossible to use all the heat. The analysis data compared to the statistical model calculation show a significance level of 95%, and an error of 4.91% for the variables under study, as shown in Figure 3.

The experiments indicated that the increase of current intensity causes the temperature to rise concomitantly. This produces a greater amount of nascent oxygen and therefore tartronic and oxalic acid, according to Faraday, and a progression of the reaction rate according to Arrhenius. The statistical study shows this effect in the diagram in Figure 3.

Multivariate analysis revealed that the effect of current density was most significant in the glycerol electro-oxidation process and for the generation of tartronic acid and oxalic acid because higher electrode potentials facilitated the process of

carboxyl formation. The molar ratio was more relevant in the production of glycolic acid and glycolic acid inherent to the higher glycerol concentration. See Table 3.

The phenomenological model obtained of the experimental planning presented reaction kinetics with an average error of 6.69% for the results and adherence higher than 93% compared to the real values obtained experimentally as shown in Table 6. Finally, the estimated value of 228.325 cm³/h in the hydrogen NTP produced in the electrochemical reactor anode had an efficiency index of 57.17%.

REFERENCES

- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos. 3 ed. Campinas, SP: Editora UNICAMP. 2007.
- CIRIMINNA, R; PINA, C. D.; ROSSI, M.; PAGLIAGO, M. Understanding the glycerol market. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* v. 116. p. 1432-1439. 2014.
- COEURET, F. Introduction a La Ingenieria Electroquímica. Universidad de Rennes. Editorial Reverté, S. A. Barcelona, Espanha. 1992.
- FARNETTI, E., CROTTI, C. Selective oxidation of glycerol to formic acid catalyzed by iron salts. *Catalysis Communications*, v. 84, p. 1-4, 2016.
- FERNANDEZ, P.; MARTINS, M. E.; CAMARA, A.C. New insights about the electro-oxidation of glycerol on platinum nanoparticles supported on multi-walled carbon nanotubes. *Electrochimica Acta*, v. 66, p. 180-187, 2012.
- GARCIA, A. C; FERREIRA, E. B; BARROS, V. V. S; LINARES, J. J; TREMILIOSI-FILHO, G. Pt/Ag/MnOx/C as a promising electrocatalyst for glycerol electro-oxidation in alkaline médium. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. v. 793. p. 188-196. 2017.
- GIL, S.; MARCHENA, M; SÁNCHEZ-SILVA, L.; ROMERO, A.; SÁNCHEZ, P.; VALVERDE, J. L. Effect of the operations on the selective oxidation of glycerol with catalysts based on Au supported on carbonaceous materials. *Chemical Engineering Journal*, v. 178, p. 423-435. 2011.
- GOMES, J. F; TREMILIOS-FILHO, G. Spectroscopic studies of the glycerol electro-oxidation on polycrystalline Au and Pt surfaces in acid and alkaline media. *Electrocatal*, v.2, p. 96-105, 2011.
- LERTTHAHAN, P.; YONGPRAPAT, S.; THERDTHIANWONG, A.; THERDTHIANWONG, S. Pt-modified Au/C catalysts for direct glycerol electro-oxidation in an alkaline medium. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2016.
- LIANG D.; GAO, J.; WANG, J.; CHEN, P.; HOU, Z.; ZHEN, X. Selective oxidation of glycerol in a base-free aqueous solution over different sized Pt catalysts. *Catalysis Communications*, 2009.
- MELLE, G. B; MACHADO, E. G; MASCARO, L. H; SITTA, E. Effect of mass transport on the glycerol electro-oxidation. *Electrochimica Acta*. v.296. p. 972-979. 2019.
- ROQUET, I.; BELGSIR, E. M.; LÉGER, J. M.; LAMY, C. Kinetics and mechanisms of the electrocatalytic oxidation of glycerol as investigated by chromatographic analysis of the reaction products: potential and pH effects. *Electrochimica Acta*, v. 39, n. 16, p. 2387-2394. 1994.
- SILVA, E. D.; LIMA FILHO, N. M. Avaliação do processo de eletro-oxidação aplicado à produção de alfa-hidroxiácidos. Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Anais. 2016. Fortaleza, Ce.
- SIMÕES M.; BARANTON, S.; COUTANCEAU, C. Electro-oxidation of glycerol at Pd based nano-catalysts for an application in alkaline fuel cells for chemicals and energy cogeneration. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 93, p. 354-362, 2010.

SIMÕES M.; BARANTON S.; COUTANCEAU C. Electrochemical valorization of glycerol. ChemSusChem. v. 5. 2106-2124. 2012.

VON FRAUNHOFER, J. A.; BANKS, C. H. Potentiostat and its applications. Butterworth & Co. Publishers Ltd. London. 1972.

ZHOU, Y.; SHEN, Y. Selective electro-oxidation of glycerol over Pd and Pt@Pd nanocubes. Electrochemistry Communications. v. 90, p. 106-110. 2018.

CAPÍTULO 03

INFLUÊNCIA DE DOSES CONTRASTANTES DE FÓSFORO NO SOLO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE CLONES DE BATATA.

Darlene Sausen

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Agro Sausen
Endereço: RN 160 - Km 03 - Distrito de Jundiaí, Macaíba-RN, Brasil
E-mail: darlene_sn@yahoo.com.br

Daniela Buzatti Cassanego

Doutora em Ciência e Tecnologia dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Instituto Federal Farroupilha- IFFar - Santo Ângelo
Endereço: Rodovia RS-218 - Indubrás, Santo Ângelo, RS. 98806-700
E-mail: danybuzatti@yahoo.com.br

Riteli Baptista Mambrin

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Centro de Ensino Superior Riograndense - Faculdade CESURG de Marau.
Endereço: Av. Julio Borello, 1968, Centro, Marau - RS.
E-mail: ritimambrin@gmail.com

Victória Martini Sasso

Mestre em Agrobiologia pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria
Endereço: Av. Roraima, 100, prédio 16, sala 3132, Santa Maria-RS, Brasil
E-mail: vicksasso@yahoo.com.br

Gessieli Possebom

Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria
Endereço: Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais. Av. Roraima, 100, Santa Maria-RS, Brasil
E-mail: gessielip@hotmail.com

Bianca Knebel Del Frari

Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha - Campus Santo Ângelo
Endereço: RS 218 - Km 5 - Indúbras - CEP 98806-700 – Santo Ângelo/RS
E-mail: biancakdfrazi@gmail.com

Jover da Silva Alves

Doutorando em Biologia Celular e Molecular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Endereço: Rua Octávio Corrêa, 12 apto 18, Cidade Baixa, Porto Alegre, RS, Brasil

E-mail: joversalves@gmail.com

Anderson Cesar Ramos Marques

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria

Endereço: Av. Roraima no 1000, prédio 42, sala 3308, Bairro CAMOBI, Santa Maria - RS,

E-mail: acrmarques@hotmail.com.br

RESUMO: A batata (*Solanum tuberosum* L.) está entre as 10 principais culturas alimentares do mundo. Uma das principais variáveis que limita a ocorrência de alta produtividade de batata é a disponibilidade de macronutrientes como o fósforo, por atuar em diversos processos fisiológicos e ser constituinte de muitas estruturas. Uma das maneiras de conseguir boa produtividade associado a redução de custos com a aplicação de fertilizantes fosfatados, é a escolha de clones de batata com maior capacidade de adaptação às condições adversas de fertilidade. Este trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento de dois clones de batata submetidos a duas doses de fósforo. Para tanto, foram avaliados os clones SMIC 148-A e SMINIA 793101-3 em casa de vegetação plantados em vasos com solo proveniente de campo nativo e duas doses de P (35 e 280 kg de P₂O₅ ha⁻¹). Aos 70 dias após o plantio foi analisado o efeito do nível de fósforo do solo pela produção de massa seca de folhas, de hastes, de raízes e de tubérculos. Em uma condição de uso de 35 Kg de P₂O₅.ha⁻¹ o clone SMIC 148-A mostrou-se mais adaptado, produzindo mais massa seca total. Quando o aporte nutricional não é restrito, como a aplicação 280 Kg de P₂O₅.ha⁻¹, é recomendável o uso do SMINIA 793103-3 por esse clone responder, com maior produção de massa seca de folha, de haste e total da planta por Kg de fosfato aplicado ao solo.

PALAVRAS CHAVE: Cultivo fora do solo, Genótipos, Propagação vegetativa. Nutrição mineral, *Solanum tuberosum* L.

ABSTRACT: Potato (*Solanum tuberosum* L.) is among the top 10 food crops in the world. One of the main variables that limits the occurrence of high potato productivity is the availability of macronutrients such as phosphorus, as it acts in several physiological processes and is a constituent of many structures. One of the ways to achieve good productivity associated with cost reduction with the application of phosphate fertilizers, is the choice of potato clones with greater capacity to adapt to adverse fertility conditions. This work aimed to evaluate the growth of two potato clones submitted to two doses of phosphorus. For that, the clones SMIC 148-A and SMINIA 793101-3 were evaluated in a greenhouse planted in pots with soil from the native field and two doses of P (35 e 280 kg de P₂O₅ ha⁻¹). At 70 days after planting, the effect of soil phosphorus level by the production of dry mass of leaves, stems, roots and tubers was analyzed. In a condition of use of 35 Kg de P₂O₅.ha⁻¹, the SMIC 148-A clone was more adapted, producing more total dry mass. When nutritional input is not restricted, such as the application of 280 Kg of P₂O₅.ha⁻¹, it is recommended to use

SMINIA 793103-3 as this clone responds, with greater production of dry leaf, stem and total plant weight per Kg phosphate applied to the soil.

KEYWORDS: Genotypes. Mineral nutrition. Soilless cultivation system. *Solanum tuberosum* L.. Vegetative propagation.

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é a quarta maior cultura alimentícia do mundo e desde sua origem, na América do Sul, foi dispersa para muitos países ao redor do mundo (WEEKS, 2017). A cultura se espalhou pelos últimos 400 anos e ganhou reconhecimento como um alimento barato e nutritivo, sendo cultivada atualmente, em mais de 140 países (RAMA; NARASIMHAM, 2003).

Ao analisarmos a comercialização exercida nos entrepostos públicos de hortigranjeiros, que representam um dos principais canais de escoamento de produtos *in natura* no Brasil, percebemos a importância econômica que a batata exerce também no país (CONAB, 2020). A batata, juntamente com a alface, a cebola a cenoura e o tomate, são as cinco hortaliças que são analisadas mensalmente pela CONAB, destas, a batata teve um leve aumento de 0,5% na área plantada, frente a 2018. Isso se deve ao crescente investimento da indústria, que ampliou em 14,4% suas áreas. Para 2020, a expectativa é de crescimento de 3,5% na área de cultivo de batata para a indústria, especificamente para o segmento de pré-frita, que deve seguir em expansão até 2021, com o objetivo de atingir a capacidade total de processamento. Parte do aumento que pode ocorrer nos próximos anos deve substituir uma parcela das importações, que registraram queda de apenas 2% em 2019 (janeiro à outubro), mesmo com o forte crescimento da indústria nacional, o que comprova o aumento da demanda pelo produto. De janeiro à outubro de 2019, o Brasil importou 275 mil toneladas de batata (PAREDE et al., 2019).

Como os produtos de batata são bastante consumidos globalmente, a indústria de alimentos é desafiada a atender à demanda atual dos consumidores por produtos de qualidade seguindo os padrões mundiais (JARÉN et al., 2016). Existem muitas variáveis que podem alterar o desenvolvimento e a produção de batata. dentre delas podemos citar a disponibilidade de macronutrientes como o fósforo, sendo a restrição deste elemento um dos principais fatores limitantes para a ocorrência de alta produtividade (FONTES et al., 1997).

O fósforo atua em vários processos fisiológicos vitais das plantas, incluindo fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, desenvolvimento celular e metabolismo de carboidratos, além, de ser constituinte de outras estruturas como a do ácido desoxirribonucleico (DNA), ácido ribonucleico (RNA), trifosfato de adenosina (ATP) e fosfolipídios das membranas (MARSCHNER, 2012; TAIZ et al., 2017). Por esse fato, e por possuírem um sistema radicular restrito

que dificulta a absorção deste nutriente, as plantas de batata requerem altas doses de P para seu ideal desenvolvimento (EKELÖF, 2007).

O uso de quantidades apropriadas de P garantirá o desenvolvimento inicial da raiz. Um suprimento suficiente de P durante o estágio inicial de crescimento da batata garantirá o desenvolvimento e a produção adequados da cultura. No entanto, a maior parte dos solos agrícolas apresenta baixa disponibilidade natural de P e por isso, as recomendações de adubação fosfatada para batata são mais altas do que para a maioria das outras culturas (MARTINS, 2018; ALBERTSSON, 2018; GODFRAY et al., 2010).

Uma das maneiras de conseguir boa produtividade associado a redução de custos com a aplicação de fertilizantes fosfatados, é a escolha de clones de batata com maior capacidade de adaptação às condições adversas de fertilidade. Este trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento de dois clones de batata submetidos a duas doses de fósforo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação (29° 42' 56"S, 53° 43' 13"O), com temperatura mantida em 25±3°C, durante a primavera de 2014. Foram utilizados dois clones SMIC 148-A e SMINIA 793101-3 do Programa de Genética e Melhoramento da Batata da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

Foram utilizados potes plásticos de 5L que continham 4kg de solo (Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico Úmbrico, EMBRAPA, 2013) proveniente de campo nativo. A calagem foi realizada através da incorporação de hidróxido de cálcio em conjunto com óxido de magnésio (foi realizado teste preliminar que mostra a eficácia desse procedimento). Três dias depois da calagem ocorreu a aplicação de uréia, cloreto de potássio conforme recomendado para cultivo de batata (Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 2004) e então plantou-se um tubérculo por vaso.

No momento do plantio, os tubérculos usados tinham um peso médio de 26 e 28g respectivamente para os clones SMIC 148-A e SMINIA 793101-3. Os níveis de P utilizados foram 0,025 e 0,22g Kg⁻¹ de monofosfato de potássio (KH₂PO₄) níveis equivalentes respectivamente a 35 e 280 kg ha⁻¹ de P₂O₅, referidos neste estudo como baixo e alto níveis de P. O monofosfato de potássio foi dissolvido em água e incorporado no solo dez dias após o plantio dos tubérculos. A irrigação foi feita

manualmente, conforme necessário para manter o solo com 70% da capacidade de campo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em um fatorial 2×2 (dois níveis de P e dois clones de batata) com três repetições.

Aos 70 dias após o plantio foram realizadas as coletas dos tratamentos e o efeito do nível de fósforo do solo avaliado pela massa seca de folhas, de hastes, de raízes e de tubérculos. Sendo a matéria seca determinada após secagem do material em envelopes de papel abertos durante 15 dias em estufa a 60°C, utilizando balança com 0,0001 g de precisão.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias entre níveis de P e entre clones foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio com a ajuda do Software Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os clones apresentaram redução na produção de massa seca de folhas e hastes quando crescidos em solução nutritiva com menos fósforo disponível (Tabela 1), assim como a maioria das espécies agrícolas que quando submetidas à restrição de fósforo apresentam inibição geral no crescimento (LYNCH; HO, 2005). Para o clone SMIC 148-A essa redução foi de 24,5 e 5,1% na produção de massa seca de folhas e hastes, respectivamente e para o clone SMINIA 793103-3 essa redução foi ainda maior, chegou a 52,5 e 49% para massa seca de folhas e hastes, respectivamente.

Tabela 1- Efeito de duas doses de P (35 e 280 Kg P₂O₅.ha⁻¹) na massa seca de folhas e de hastes dos clones SMIC 148-A e SMINIA 793103-3 avaliados aos 70 dias após o plantio. Santa Maria – RS.

Massa seca de folha (g.pl ⁻¹)						
Genótipo	Doses de P (kg de P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)					
	35		280		Média	
SMIC 148-A	4,78	Ba	6,33	Ab	5,56	
SMINIA 793103-3	5,11	Ba	10,77	Aa	7,94	
Média	4,94		8,55			
CV (%)	6,66					
Massa seca de haste (g.pl ⁻¹)						
Genótipo	Doses de P (kg de P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)					
	35		280		Média	

SMIC 148-A	2,95	Ba	3,11	Ab	3,03
SMINIA 793103-3	2,24	Ba	4,40	Aa	3,32
Média	2,60		3,76		
CV (%)			13,68		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Os autores.

Ao analisarmos a produção de massa seca de raiz foi possível observar que não houve diferença entre os clones na dose de 280 Kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ e que o clone SMIC 148-A não apresentou alteração neste parâmetro entre as doses testadas (Tabela 2). Isso sugere que este clone é mais eficiente na absorção e alocação do nutriente internamente, inclusive, apresentando produção de massa seca de raiz na dose de 35 Kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ 63% superior ao clone SMINIA 793103-3. Ainda, o clone SMINIA 793103-3 apresenta redução de 33,8% quando cultivado em baixo nível de P.

Tabela 2- Efeito de duas doses de P (35 e 280 Kg P₂O₅.ha⁻¹) na massa seca de raízes e de tubérculos dos clones SMIC 148-A e SMINIA 793103-3 avaliados aos 70 dias após o plantio. Santa Maria – RS.

Massa seca de raiz (g.pl ⁻¹)					
Genótipo	Doses de P (kg de P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)				
	35		280		Média
SMIC 148-A	1,94	Aa	1,97	Aa	1,95
SMINIA 793103-3	1,19	Bb	1,80	Aa	1,49
Média	1,56		1,88		
CV (%)	7,94				
Massa seca de tubérculo (g.pl ⁻¹)					
Genótipo	Doses de P (kg de P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)				
	35		280		Média
SMIC 148-A	13,75		17,56		15,65 a
SMINIA 793103-3	10,61		16,50		13,55 b
Média	12,18	B	17,03	A	
CV (%)	6,86				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Os autores.

Tanto a produção de hastes quanto de folhas é fundamental para obtenção de maior área foliar o que favorece a realização da fotossíntese e consequentemente maior produção de fotoassimilados e outros compostos de reservas para crescimento dos tubérculos (BISOGNIN et al., 2008). Mas sob condições de baixo P, uma proporção maior da produção total de carboidratos é destinada para o sistema radicular do que em níveis adequados de fósforo. Portanto, o crescimento geral da parte aérea é retardado pela deficiência de P, enquanto o crescimento da raiz é menos severamente afetado, resultando em uma maior proporção de parte aérea/raiz (GUSTAVSSON; SÖDERSTRÖM, 2006).

Para massa seca de tubérculos não houve interação entre os tratamentos, com isso foi analisada as médias dos tratamentos (Tabela 2). O clone SMIC 148-A produziu mais massa seca de tubérculos que o SMINIA 793103-3 e a produção de massa seca de tubérculos foi maior na dose de 280 kg de P₂O₅.ha⁻¹. Esses resultados confirmam

que a produção de tubérculos é afetada negativamente pela deficiência de P mesmo antes do final do ciclo de desenvolvimento das plantas de batata (PREZOTTI et al., 1986).

Foi observado redução na massa seca total para ambos os clones quando submetidos a dose baixa de P (Tabela 3). Na dose de 35 Kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ o clone SMIC 148-A mostrou-se mais eficiente, produzindo 22,2% de massa seca total que o clone SMINIA 793103-3. No entanto, o clone SMINIA 793103-3 mostrou-se mais responsivo ao P e na dose de 280 Kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ produziu 15,5% a mais que o clone SMIC 148-A. Uma das maneiras de se reduzir a quantidade de fertilizante aplicado na cultura da batata é escolhendo cultivares que fazem melhor uso dos nutrientes (FERNANDES; SORATTO, 2013), como o clone SMIC 148-A que produziu acima da média mesmo em baixa dose de P (Tabela 2 e 3). Já em uma condição de maior disponibilidade de P no solo, o indicado seria o clone SMINIA 793103-3 que respondeu melhor produzindo 33,47g de massa seca total por planta a cada kg de P_2O_5 aplicado em um hectare (Tabela 1, 2 e 3).

Tabela 3: Efeito de duas doses de P (35 e 280 Kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$) na massa seca total da planta dos clones SMIC 148-A e SMINIA 793103-3 avaliados aos 70 dias após o plantio. Santa Maria – RS.

Massa seca total (g.pl ⁻¹)					
Genótipo	Doses de P (kg de P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)				
	35		280		Média
SMIC 148-A	23,41	Ba	28,97	Ab	26,19
SMINIA 793103-3	19,15	Bb	33,47	Aa	26,31
Média	21,28		31,22		
CV (%)			3,87		

Fonte: Os autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma condição de uso de 35 Kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ o clone SMIC 148-A mostrou-se mais adaptado, produzindo mais massa seca total. Quando o aporte nutricional não é restrito, como a aplicação 280 Kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, é recomendável o uso do SMINIA 793103-3 por esse clone responder, com maior produção de massa seca de folha, de haste e total da planta por Kg de fosfato aplicado ao solo.

REFERÊNCIAS

ALBERTSSON, 2018. **Riktlinjer för gödsling och kalkning 2019**. Jönköping, 107p.

BISOGNIN, D. A. et al. Produtividade e qualidade de tubérculos de clones de batata. **Ciência e natureza**. v.30, p.43-56. 2008. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura>>. Acesso em: 06 de fev. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – Conab. Boletim Hortigranjeiro. v. 6, n. 1, Brasília, jan. de 2020. ISSN 2446-5860.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. Ed. Porto Alegre, 2004.

EKELÖF, J. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. **Master project in the Horticultural Science Programme**, v. 2, 2007, 20 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2013. 306p. Disponível em: <http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00053080.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2020.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de batata. **Bioscience Journal**, v.29, p.91-100, 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13570>>. Acesso em: 2 fev. 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p. 1039-1042, 2011.

FONTES, P. C. R.; ROCHA, F. A. T.; MARTINEZ, H. E. P. Produção de máxima eficiência econômica da batata em função da adubação fosfatada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 104-107, 1997.

GODFRAY, H.C.J. et al. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, v.327, p.812-818, 2010. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/327/5967/812>>. Acesso em: 2 fev. 2020. doi: 10.1126/science.1185383.

GUSTAVSSO, K.; SÖDERSTRÖM, M. 2006. Fosfortillståndet I sydsvenska jordar. Rapport från växtodlings- och växtskyddsagar i växsjö. Medelande från södra jordbruksförsöksdistriktet. N. 59

JARÉN, C. LÓPEZ, A.; ARAZURI, S. Advanced Analytical Techniques for Quality Evaluation of Potato and Its Products In: *JASPREET SINGH, J.; KAU, L. (ed tec) Advances in Potato Chemistry and Technology*. 2 ed. 2016, p.563-602.

LYNCH, J. P.; HO, M. D. Rhizoeconomics: carbon costs of phosphorus acquisition. **Plant and soil**. n. 269, p. 45-56, 2005.

MARTINS, J. D. L.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; DIAS, P. H. M. Phosphorus fertilization and soil texture affect potato yield. **Revista Caatinga**, v.31, n.3, p.541 – 550, 2018.

MARSCHNER, H. 2012. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Academic Press. 3 Ed. 672p.

PAREDE, J. A. T.; MOLENA, L. A.; GUERREIRO, L. M. M.; DELEO, J. P. B. Anuário 2019-2020: Retrospectiva 2019 & Perspectivas 2020 dos HF's. Revista Hortifruti. v.18, n.196, p.23-24, 2019.

PREZOTTI, L.C.; CARMO, C.A.S.; ANDRADE NETO, A.P.M. Nutrição mineral da batata. v.27, 44p.1986.

RAMA, M. V., NARASIMHAM, V. 2003. Potatoes and related crops/The Root Crop and its Uses. *In*: CABALLERO, B. (ed). **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. 2ed, 2003, p.4658-4666.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. 2017. **Plant Physiology**. Editora Artmed, 6 ed. 888 p.

WEEKS, D. P. Gene Editing in Polyploid Crops: Wheat, Camelina, Canola, Potato, Cotton, Peanut, Sugar Cane, and Citrus. 2017. *In*: GIRALDO, J.; CIRUELA, F. (ed tec) **Progress in Molecular Biology and Translational Science**. v.149, 1ed, 2017. p.65-80.

CAPÍTULO 04

AVALIAÇÃO DOS INDICADORES BIOLÓGICOS DO SOLO EM PLANTIOS DE PALMA DE ÓLEO, NO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA DO PARÁ.

Auriane Consolação da Silva Gonçalves

Doutoranda do programa de pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental

Endereço: Trav. Dr. Enéas Pinheiro, SN, Bairro Marco, Belém, Pará, Brasil.

E-mail: auriane.goncalves@embrapa.br

Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Museu Paraense Emílio Goeldi

Endereço: Av. Perimetral, 1901, Bairro Terra Firme, Belém, Pará, Brasil.

E-mail: ruivo@museu-goeldi.br

Manoel Tavares de Paula

Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia

Instituição: Universidade do Estado do Pará, Campus Belém

Endereço: Trav. Dr. Enéas Pinheiro, 2626, Bairro Marco, Belém, Pará, Brasil.

E-mail: dpaulamt@hotmail.com

Rosecélia Moreira da Silva Castro

Doutora em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia

Instituição: Museu Paraense Emílio Goeldi

Endereço: Av. Perimetral, 1901, Bairro Terra Firme, Belém, Pará, Brasil.

E-mail: celitamoreira@hotmail.com

Orivan Maria Marques Teixeira

Doutorando do programa de pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental

Endereço: Trav. Dr. Enéas Pinheiro, SN, Bairro Marco, Belém, Pará, Brasil.

E-mail: orivan.teixeira@embrapa.br

Pedro Moreira de Sousa Junior

Doutor em Química pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema

Endereço: Avenida Barão de Capanema, SN, Bairro Caixa D' água, Capanema, Pará, Brasil.

E-mail: pedro.junior@ufra.edu.br

Maricely Janette Uria Toro

Doutora em Química Analítica pela Universidade Estadual Paulista

Instituição: Universidade do Estado do Pará, Campus Belém

Endereço: Trav. Dr. Enéas Pinheiro, 2626, Bairro Marco, Belém, Pará, Brasil.

E-mail: maryuria12@hotmail.com

RESUMO: A qualidade do solo é um dos principais fatores que afetam o plantio da palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.), refletindo, na qualidade e quantidade de óleo obtido. Os indicadores biológicos são considerados os atributos mais sensíveis à dinâmica do solo. Este estudo teve como objetivo a avaliação do efeito de plantios de palma de óleo, em sequência cronológica, sobre os indicadores biológicos do solo, em função da sazonalidade. Foram avaliados plantios de palma de óleo de 5, 17 e 25 anos, e floresta secundária de 23 anos. Para a maioria das variáveis estudadas, foi observada diferença significativa entre as épocas de coleta. O carbono da biomassa microbiana, C_{mic} (286,71 $\mu\text{g/g}$) e o nitrogênio da biomassa microbiana, N_{mic} (32,72 $\mu\text{g/g}$) no plantio de 5 anos foram maiores do que nos de 17 e 25 anos, no período seco. A respiração basal (RB) também foi maior no plantio de 5 anos, indicando a maior atividade biológica do plantio de menor idade. O cociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi menor no cultivo de 25 anos (2,84 e 10,62 ($\mu\text{g}/\mu\text{g/h}$) $\times 10^{-4}$, no período seco e chuvoso, respectivamente) do que nos demais cultivos, ressaltando a maior estabilidade deste plantio. Em comparação à vegetação florestal, o cultivo de palma de óleo provocou perdas mínimas nos atributos avaliados, sendo, portanto, considerado de reduzido impacto ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: *Elaeis guineensis* Jacq., carbono microbiano, nitrogênio microbiano, atividade microbiana.

ABSTRACT: Soil quality is one of the main factors affecting the planting of the oil palm (*Elaeis guineenses* Jacq.), reflecting on the quality and quantity of oil obtained. Biological indicators are considered the best and most sensitive to soil dynamics. The objective of this study was to evaluate the effect of planting oil palm, in chronological sequence, on soil biological indicators, as a function of pluviometric seasonality. They were oil palm plans of 5, 17 and 25 years, secondary forest of 23 years. For most of the variables studied, a significant difference was observed as collection periods. The microbial C (C_{mic}) (286,71 $\mu\text{g/g}$) and microbial N (N_{mic}) (32,72 $\mu\text{g/g}$) in the 5-year planting were higher than in the 17 and 25-year in the dry period. The RB was also higher than in the 5-year planting, indicating a higher activity of planting of minor age. The $q\text{CO}_2$ was lower in the culture of 25 years (2,84 and 10,62 ($\mu\text{g}/\mu\text{g/h}$) $\times 10^{-4}$, in the dry and rainy period, respectively) than other culture, emphasizing a greater stability of this planting. In comparison to the forest vegetation, oil palm cultivation caused minimal losses in the evaluated attributes, being therefore considered of low environmental impact.

KEYWORDS: *Elaeis guineensis* Jacq., microbial carbon, microbial nitrogen, microbial activity.

1. INTRODUÇÃO

A palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.) é uma planta perene de origem africana, muito adaptada às condições tropicais, atingindo altas produtividades (BORGES *et al.*, 2016), mesmo em solos pobres, como a maioria dos solos Amazônicos, que em geral, apresentam baixa fertilidade natural (VITOUSEK, 2010). Nesses solos a sustentabilidade dos sistemas está relacionada à capacidade de manter ou aumentar a disponibilidade de nutrientes às plantas através do manejo da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes (SANTIAGO *et al.*, 2013).

A qualidade do solo é considerada um dos principais fatores que afetam o plantio desta cultura, refletindo, na produção, na qualidade e na quantidade de óleo obtido (BORGES *et al.*, 2016). A avaliação das alterações nos atributos do solo, vem sendo realizada para monitorar a produtividade dos sistemas (ARTUR *et al.*, 2014).

O carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana do solo (C_{mic} e N_{mic}), por responderem prontamente às transformações ambientais, têm sido usados como indicadores em estudos do fluxo de C e N, ciclagem de nutrientes e produtividade de plantas, possibilitando a associação da quantidade de nutrientes imobilizados com a produtividade do solo (SILVA *et al.*, 2013a). No entanto, a determinação da biomassa microbiana do solo por si só, não fornece indicações sobre a atividade dos microrganismos, podendo assim haver no solo elevadas quantidades de biomassa inativa, sendo, desta forma, necessária a avaliação simultânea dos atributos que possam medir o seu estado metabólico (MENDES *et al.*, 2012).

Considerando que as taxas de reações químicas das células microbianas sofrem influência direta da temperatura, as análises biológicas e bioquímicas do solo, tais como a biomassa, atividade e população microbiana, são indicadores sensíveis utilizados para monitorar as interações de fatores ambientais sobre o comportamento dos microrganismos do solo (MATTOS *et al.*, 2011). Assim, os microrganismos e seus processos metabólicos são um dos melhores meios para aferição dos impactos ambientais (MAIA *et al.*, 2012).

Nesse contexto, o conhecimento sobre a dinâmica da biomassa microbiana do solo, em plantios de palma de óleo, é de extrema importância para entender as interações entre a cultura e o meio, e garantir a melhoria no manejo do solo e maior eficiência na produção. Assim, a presente pesquisa teve como objetivo a avaliação do efeito dos plantios de palma de óleo, em sequência cronológica, sobre os indicadores biológicos do solo, em função da sazonalidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em áreas de cultivo de Palma de Óleo, pertencentes à empresa Denpasa, e em floresta secundária, localizados no município de Santa Bárbara do Pará. As áreas estudadas foram compostas por plantios de palma de óleo com idades de 5 anos, 17 anos e 25 anos, e floresta secundária de 23 anos. A cultivar presente nas três áreas de plantio de palma de óleo é a BRS Manicoré obtida a partir de hibridação interespecífica entre o dendezeiro *Elaeis guineenses* Jacq., espécie africana e o dendezeiro *Elaeis oleífera* (Kunth) Cortés, espécie americana, também denominada caiaué.

Em cada área foram coletadas, nas entrelinhas dos plantios, com auxílio de um trado pedológico do tipo holandês, quatro amostras de solo, sendo cada uma composta de três subamostras simples, na profundidade de 0-10 cm, nos períodos de outubro de 2016 (período seco) e fevereiro de 2017 (período chuvoso). Na primeira coleta todos os pontos foram georreferenciados e serviram de direcionamento para a segunda coleta conforme os critérios da primeira amostragem.

As amostras de solo coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em caixas térmicas contendo gelo (4°C). No laboratório, realizou-se a segregação dos fragmentos vegetais das amostras, o destorroamento, homogeneização e peneiramento das amostras com peneira de 2mm de malha. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x2, com quatro repetições, correspondendo a quatro tratamentos (plantios de 5, 17 e 25 anos e floresta secundária de 23 anos) e dois períodos de coleta de solo (seco e chuvoso).

2.1 ANÁLISES

As quantificações de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo (C_{mic} e N_{mic}) foram realizadas pelo método de fumigação-extração descrito por BROOKES *et al.* (1985) e modificado por SILVA *et al.* (2007), no qual a fumigação é realizada com adição de clorofórmio ($CHCl_3$) diretamente ao solo, mantendo o contato por 24 horas, em frasco de vidro hermeticamente fechado e livre de luminosidade. A extração das amostras fumigadas e não-fumigadas seguiu a relação solo extrator 1:2,5 (50ml de solução de K_2SO_4 (0,5M) para cada 20g de amostra de solo), com posterior agitação em movimento circular horizontal por 30 minutos, seguido de filtragem com papel de filtro quantitativo, faixa azul, 15mm, C42, de acordo com método proposto por TATE *et al.* (1988).

O carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) foi determinado através da quantificação do carbono nos extratos fumigados e não-fumigados, de acordo com o método de WALKLEY-BLACK (1934), e utilizando-se o fator de correção de K_c 0,33 (SPARLING & WEST, 1988). Enquanto que o nitrogênio microbiano (N_{mic}) foi determinado nos extratos através da quantificação do nitrogênio dos extratos fumigados e não-fumigados pelo método de Kjeldahl (BROOKES *et al.*, 1985), e com fator de correção de K_N 0,54 (BROOKES *et al.*, 1985).

A Respiração basal do solo (RBS) foi determinada através da quantificação do CO_2 liberado durante a incubação do solo em sistema fechado (JENKINSON & POWLSON, 1976). O solo foi mantido por 9 dias em frasco de vidro fechado e livre de luminosidade, contendo um frasco menor com 10ml de NaOH 1M. Após o período de incubação, adicionou-se 2ml de $BaCl_2$ 10% ao frasco contendo NaOH 1M, a fim de completar a precipitação do CO_2 , e procedeu-se a titulação com HCl 0,5M, utilizando fenolftaleína a 1% como indicador.

O quociente metabólico (qCO_2) foi calculado a partir da relação entre RBS e C_{mic} , segundo método proposto por (ANDERSON & DOMSCH, 1993); e o quociente microbiano (qM_{ic}) foi obtido pela relação entre o carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) e o carbono orgânico total (C_{org}) (SPARLING, 1992). O carbono orgânico total (C_{org}) e matéria orgânica (MO) foram quantificados através do método descrito por WALKLEY-BLACK (1934); e o nitrogênio total (N_{tot}) pelo método Kjeldahl (BROOKES *et al.*, 1985).

2.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Primeiramente, foram examinadas a normalidade dos dados, com o teste lilliefors, e a homocedasticidade das variâncias. Quando os critérios para a utilização do teste paramétrico foram atendidos, os dados foram submetidos a análise de variância fatorial axb (ANOVA, $p \leq 0,05$), tendo-se como fatores o período de coleta e a área em estudo (plantios de palma de óleo e floresta). Em casos onde os pressupostos para a realização do teste paramétrico não foram atendidos, realizou-se a transformação logarítmica dos dados. Quando as médias diferiram significativamente, a 95% de confiança, estas foram comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As concentrações médias de C_{org} e MO no solo foram maiores na floresta secundária, provavelmente porque os solos presentes nessas áreas são menos perturbados do que os que estão sob plantio (Tabela 1). Além disso, na floresta secundária foi verificada a diminuição dos teores de MO e de C_{org} no período chuvoso em comparação com o período seco ($p \leq 0,05$) resultado este que corrobora com o estudo realizado por MELZ & TIAGO (2009) em um parque natural, onde também foi observada a diminuição nos teores destes atributos, neste período.

Por outro lado, no período chuvoso houve um aumento nas concentrações de C_{org} e MO no plantio de 25 anos, provavelmente devido ao aumento da deposição de material vegetal no solo e maior decomposição da serapilheira por consequência da chuva (SILVA *et al.*, 2009), que proporcionou ao plantio de 25 anos teores de C_{org} e MO estatisticamente iguais ao da floresta neste período (Tabela 1). No plantio de 5 anos observou-se redução nos valores de MO e C_{org} no período chuvoso ($p \leq 0,05$). Enquanto que no plantio de 17 anos, não foram observadas diferenças significativas entre os períodos para estes atributos.

Tabela 1: Valores médios das variáveis analisadas (C_{org} , MO, N_{tot} , relação C/N) em plantios de palma de óleo e floresta secundária, nos períodos seco e chuvoso, no município de Santa Bárbara do Pará.

Tratamentos ²	C_{org} (g/Kg)		MO (g/Kg)	
	Seco ¹	Chuvoso ¹	Seco	Chuvoso
P5	12,3 (1,1) Aa	9,9 (0,1) Bb	21,1 (1,9) Aa	17,0 (0,4) Bb
P17	10,1 (0,4) Ab	9,9 (0,4) Ab	17,4 (0,6) Ab	17,0 (0,6) Ab
P25	5,9 (0,2) Bc	12,1 (0,3) Aa	10,2 (0,3) Bc	20,9 (0,5) Aa
FS	14,2 (0,2) Aa	12,4 (0,6) Ba	24,5 (0,3) Aa	21,4 (1,1) Ba
	N_{tot} (%)		C/N	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
P5	0,09 (0,1) Ab	0,07 (0,1) Bab	13,4 (1,1) Aa	15,0 (0,3) Aa
P17	0,08 (0,1) Ac	0,06 (0,1) Bc	12,8 (0,7) Ba	17,1 (0,8) Aa
P25	0,05 (0,1) Bd	0,07 (0,1) Ab	12,2 (0,7) Ba	17,0 (0,6) Aa
FS	0,11 (0,1) Aa	0,08 (0,1) Ba	13,0 (0,4) Ba	15,30 (0,8) Aa

¹ Média (erro padrão). Médias com letras iguais, maiúsculas em uma mesma linha e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

² P5 – plantio de palma de óleo de 5 anos; P17 – plantio de palma de óleo de 17 anos; P25 – plantio de palma de óleo de 25 anos; FS – floresta secundária; Seco – período seco; Chuvoso – período chuvoso; C_{org} – carbono orgânico total; MO – matéria orgânica; N_{tot} – nitrogênio total; C/N – relação carbono:nitrogênio.

Fonte: Os autores.

Quanto aos teores de N_{tot} dos solos em estudo, foi verificado o mesmo comportamento observado para os atributos C_{org} e MO, ou seja, no período chuvoso ocorreu redução nas concentrações deste atributo, exceto no plantio de 25 anos, onde, neste período, ocorre a maior deposição de material vegetal provenientes das folhas senescentes, que após decomposição aumentam os teores de N no solo. Em média, a concentração de N_{tot} foi maior no período seco, enquanto que a relação C/N diminuiu neste período ($p \leq 0,05$). Em estudos realizados com sistemas agroflorestais constituídos de palma de óleo e culturas de adubação verde, SANTIAGO *et al.* (2013) verificaram aumento nas concentrações de C_{org} e N_{tot} , e redução na relação C/N, na época seca, evidenciando a maior elevação nas concentrações de N_{tot} do que nas de C_{org} dos solos.

O aumento nas concentrações de N_{tot} na época seca ocorreu, provavelmente, devido ao acúmulo de matéria orgânica no solo da época chuvosa para a seca. A diminuição da relação C/N do solo no período seco indica a predominância de mineralização, ou seja, maior tendência à decomposição da matéria orgânica, promovendo a disponibilidade de nutrientes, dentre eles o nitrogênio. Com relação ao fator idade dos plantios de palma de óleo, a relação C/N não foi determinante para a diferenciação em comparação com a floresta secundária.

Quanto aos indicadores biológicos do solo, observou-se que para todas as áreas estudadas os valores de C_{mic} permaneceram no intervalo considerado normal, com proporção de células microbianas vivas contendo carbono (C-microbiano, em $\mu\text{g/g}$ de solo) na ordem de 1 a 5 % do carbono orgânico total (C_{org}) (JENKINSON & LADD, 1981), indicando que os plantios promoveram condições propícias à presença dos microrganismos, independentemente do período estudado (Tabela 2).

No período seco o C_{mic} foi estatisticamente maior em todas áreas estudadas ($p \leq 0,05$). Este comportamento também foi observado em estudos realizados por VASCONCELOS *et al.* (2005), com solo sob vegetação secundária de diferentes idades; e segundo estes autores, a relação inversa entre C_{mic} e a umidade do solo pode estar relacionada a eventos de chuvas anteriores à coleta do período seco, que possivelmente estimularam o crescimento microbiano. No período chuvoso, não foi verificada diferença significativa entre os plantios de palma de óleo com diferentes idades quanto ao atributo C_{mic} ($p > 0,05$), no entanto, no período seco todas as áreas diferiram entre si, sendo que a floresta secundária apresentou a maior concentração, seguida dos plantios de 5 anos, 17 anos e 25 anos.

Quanto ao N_{mic} , a proporção de células microbianas vivas contendo nitrogênio, em condições normais, é de 1 a 6% do nitrogênio total (N_{tot}) (JENKINSON & LADD, 1981), o que foi observado na presente pesquisa em todas as áreas estudadas, independentemente do período de coleta. Em média, o N_{mic} apresentou comportamento semelhante ao do C_{mic} , ou seja, também houve redução deste atributo no período chuvoso. Somente no plantio de 25 anos verificou-se o aumento do N_{mic} , provavelmente devido ao aumento da concentração de N_{tot} deste cultivo no período chuvoso. Segundo GORHAN & ZARIN (2001), o aumento da umidade do solo pode promover a elevação das taxas de mineralização de N, o que explica a redução dos valores de N_{mic} no período chuvoso, uma vez que neste período provavelmente havia menor imobilização do N na biomassa microbiana.

Tabela 2: Valores médios das variáveis microbianas (C_{mic} , N_{mic} , RB, qCO_2 , qM_{ic} , $N_{mic}:N_{tot}$) analisadas nos plantios de palma de óleo e floresta secundária nos períodos seco e chuvoso, no município de Santa Bárbara do Pará.

Tratamentos ²	C_{mic} ($\mu g/g$)		N_{mic} ($\mu g/g$)	
	Seco ¹	Chuvoso ¹	Seco	Chuvoso
P5	286,7 (4,7) Ab	122,3 (2,7) Bb	32,7 (0,6) Aa	14,0 (1,4) Bc
P17	234,8 (3,1) Ac	123,3 (7,7) Bb	22,2 (1,0) Ab	8,5 (0,1) Bd
P25	169,8 (4,9) Ad	121,3 (0,1) Bb	11,6 (0,6) Bc	23,4 (1,1) Ab
FS	317,1 (5,4) Aa	158,1 (3,2) Ba	36,7 (1,0) Aa	28,9 (2,4) Ba
	RB ($\mu g/g/h$)		qCO_2 ($(\mu g / \mu g / h) \times 10^{-4}$)	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
P5	0,29 (0,7) Ab	0,33 (0,4) Ab	10,0 (1,0) Bb	26,9 (1,1) Ab
P17	0,24 (0,9) Ab	0,21 (0,3) Ac	10,5 (1,8) Bb	17,6 (1,6) Ac
P25	0,05 (0,2) Bc	0,13 (0,2) Ac	2,8 (0,6) Bc	10,6 (0,7) Ad
FS	0,52 (1,0) Ba	0,69 (0,7) Aa	16,5 (1,1) Ba	43,7 (2,4) Aa
	qM_{ic} (%)		$N_{mic}:N_{tot}$ (%)	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
P5	2,3 (0,1) Ab	1,2 (0,1) Ba	3,2 (0,1) Aab	2,1 (0,2) Bb
P17	2,3 (0,1) Ab	1,2 (0,1) Ba	2,7 (0,1) Abc	1,5 (0,1) Bb
P25	2,9 (0,1) Aa	1,0 (0,1) Bb	2,4 (0,1) Bc	3,3 (0,1) Aa
FS	2,2 (0,1) Ab	1,3 (0,1) Ba	3,5 (0,1) Aa	3,6 (0,4) Aa

¹ Média (erro padrão). Médias com letras iguais, maiúsculas em uma mesma linha e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

² P5 – plantio de palma de óleo de 5 anos; P17 – plantio de palma de óleo de 17 anos; P25 – plantio de palma de óleo de 25 anos; FS – floresta secundária; Seco – período seco; Chuvoso – período chuvoso; C_{mic} – carbono da biomassa microbiana do solo; N_{mic} – nitrogênio da biomassa microbiana do solo; RB – respiração basal do solo; qCO_2 – quociente metabólico; qM_{ic} – quociente microbiano; $N_{mic}:N_{tot}$ – relação nitrogênio microbiano:nitrogênio total do solo.

Fonte: Os autores.

No que diz respeito à relação $N_{mic}:N_{tot}$, os plantios de palma de óleo e a floresta secundária foram pouco eficientes quanto à imobilização de nitrogênio pela biomassa microbiana, tanto no período seco quanto no chuvoso, observando-se um percentual médio abaixo de 4%. Este resultado pode estar relacionado aos baixos valores de relação C/N, que demonstram a maior mineralização de nitrogênio do que incorporação à biomassa.

A atividade microbiana, representada pela respiração basal (RB) e pelo quociente metabólico (qCO_2), variou nas áreas em estudo (Tabela 2). A RB que é a soma de todas as funções metabólicas nas quais compostos orgânicos são convertidos a CO_2 (SILVA *et al.*, 2013b), foi maior na floresta, independentemente do período de coleta, indicando maior atividade da microbiota, possivelmente estimulada pela disponibilidade constante de material vegetal, e pela elevada atividade biológica da floresta, onde a decomposição de matéria orgânica, por bactérias e fungos promove a liberação de CO_2 (ISLABÃO *et al.*, 2016). O plantio de palma que mais se aproximou da floresta secundária quanto ao quesito RB foi o de 5 anos, o que é explicado pela intensa atividade microbiana nos anos iniciais de cultivo. Por outro lado, os menores valores de respiração basal ocorreram no plantio de 25 anos, que foi considerado o plantio mais estável e menos ativo biologicamente.

Em geral, os valores médios de RB estão próximos aos resultados encontrados por SILVA (2016) em estudos sobre a atividade microbiana em sistemas agroflorestais onde a palma de óleo é a cultura principal.

Os resultados do qCO_2 , relação que expressa a quantidade de CO_2 liberado por unidade de C_{mic} em função do tempo (ALVES *et al.*, 2011), diferiram em função da época de coleta, apresentando menores valores no período seco em todas as áreas estudadas (Tabela 2). O plantio de 25 anos, apresentou menor qCO_2 , em ambos os períodos de coleta, indicando a presença de biomassa microbiana mais eficiente quanto ao armazenamento dos compostos orgânicos, ou seja, considerando o teor de carbono orgânico total de cada área, houve menor liberação de C na forma de CO_2 e maior incorporação de C aos tecidos microbianos, e, como consequência, a promoção de um ambiente mais estável.

Por outro lado, o aumento estatisticamente significativo do qCO_2 no período chuvoso, indicou a menor capacidade de incorporação do C ao tecido microbiano, devido a uma possível condição de estresse (TÓTOLA & CHAER, 2002), como pode ser observado na relação C_{mic}/C_{org} (qM_{ic}) que também reduziu neste período. Segundo

ROSCOE *et al.* (2006) uma alta taxa de respiração pode ser interpretada como característica desejável quando se considera que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para a planta. Assim, a análise da taxa de respiração deve ser realizada com cautela, e deve levar em consideração a importância da incorporação de C à biomassa microbiana e a necessidade da mineralização de nutrientes para disposição às plantas.

Quanto ao qM_{ic} , que representa a relação C_{mic}/C_{org} , e em condições normais varia de 1 a 4 % (JAKELAITIS *et al.*, 2008), observou-se que apesar de ter ocorrido redução nos valores deste atributo no período chuvoso, estes apresentaram-se iguais ou superiores a 1% (Tabela 2), indicando que os solos das áreas em estudo contêm microrganismos eficientes quanto à utilização dos compostos orgânicos (SILVA *et al.*, 2010), independentemente do período de coleta.

4. CONCLUSÃO

As variáveis analisadas foram altamente influenciadas pela sazonalidade, a qual promoveu diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os períodos de coleta para todos os atributos.

A implantação de cultivos de palma de óleo promoveu a manutenção e/ou incremento dos teores médios de MO e C_{org} do solo do período seco para o chuvoso nos plantios em estudo. Os indicadores C_{mic} e N_{mic} foram os mais sensíveis para prever a influência dos plantios de palma de óleo sobre o solo, em comparação com a floresta. Estes indicadores modificaram-se tanto por influência sazonal quanto pelas diferenças de idades dos plantios.

A floresta secundária e o plantio de 5 anos foram considerados os mais ativos biologicamente, apresentando elevados valores de RB, enquanto que o plantio de 25 anos foi o mais estável, com menores valores de RB e de qCO_2 . Nos primeiros anos de implantação da palma de óleo, houve redução na biomassa microbiana no período seco, porém, no período chuvoso, ocorreu a estabilização desta com o passar do tempo. Desta forma, em comparação com a vegetação florestal, o plantio de palma de óleo resultou em perdas mínimas nos atributos químicos e biológicos estudados. Assim, pôde-se constatar que cultivos de palma de óleo são de reduzido impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T.D.S. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, 2011.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p. 393-395, 1993.
- ARTUR, A.G. et al. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 141-149, 2014.
- BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.195-276, 2002.
- BORGES, A.J. et al. A cultura da palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.) no Brasil e no mundo: aspectos agrônômicos e tecnológicos - uma revisão. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 17, n. 27, p. 01-118, 2016.
- BROOKES, P.C. et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 17, p. 837-842, 1985.
- GORHAN, A.M.; ZARIN, D.J. Seasonal changes C:N ratios and mineralization in Young secondary forests in Eastern Amazonia. In: **LBA MEETING**. Atlanta, 2001.
- ISLABÃO, G.O. et al. Carbono da biomassa e atividade microbiana em solos cultivados com morango no município de Turuçu/RS. Disponível em: <<http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA/00507.pdf>>. Acesso em 02 novembro de 2016.
- JAKELAITIS, A. et al. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, p. 118 - 127, 2008.
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I. Fumigation with chloroform. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 8 p.167-177, 1976.
- JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.M. **Soil Biochemistry**. 5.ed. NewYork, M Decker. p.415-471. 1981.
- MAIA, P. R. et al. Reciclagem de nutrientes da palha de sorgo e atributos biológicos do solo na Amazônia oriental. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 05, p. 518-527, 2012.
- MATTOS, M.L.T. et al. Atividade de microrganismos do solo em diferentes períodos de cultivo do arroz irrigado. **Circular Técnica**, Pelotas, v. 126, n. 1, p. 1-5, 2011.
- MELZ, E.M.; TIAGO, P.V. Propriedades físico-químicas e microbiológicas do solo de um Parque em Tangará da Serra, MT, uma área de transição entre Amazônia e Cerrado. **Acta Amazonica**. v. 39, n 04, p. 829-834, 2009.
- MENDES, I.C. et al. Biological functioning of brazilian cerrado soils under different vegetation types. **Plant and Soil**, v.359, p. 183-195, 2012.

ROSCOE, R.; et al. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas Conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2006.

SANTIAGO, W.R. et al. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia oriental. **Acta Amazonica**. v. 43, p.395-406, 2013.

SILVA, E.E. et al. Determinação do nitrogênio da biomassa do solo (BMS-N). **Comunicado Técnico**. Embrapa. Seropédica, RJ. 2007.

SILVA, C.J. et al. Contribuição de folhas na formação da serapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v. 33. p. 591-600, 2009.

SILVA, C.A.D. et al. Interferência da incorporação de matéria orgânica no solo no controle da podridão negra da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p.1823-1831, 2013a.

SILVA, J.M. et al. Mineralização de vermicompostos estimada pela respiração microbiana. **Revista Verde, Pombal**, PB, v. 8, n. 4, p. 132-135, 2013b.

SILVA, C.M. et al. Variação temporal do efluxo de CO₂ do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 46. p. 1– 12, 2016.

SPARLING, G.P.; WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration *in situ* using microbial respiration and ¹⁴C labeled sells. **Soil Biology and Biochemistry**. v.20, p.337-343, 1988.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.

TATE, K.R. et al. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology and Biochemistry**. v.20, p.329-335, 1988.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VASCONCELOS, L.G.T.R. et al. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana de um solo sob vegetação secundária de diferentes idades na Amazônia oriental. **Revista Ciências Agrárias**. Belém, v. 44, p. 49-63, 2005.

VITOUSEK, P.M. et al. Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen - phosphorus interactions. **Ecological Applications**, v. 20. p. 5–15, 2010.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v.37, p.29-38, 1934.

CAPÍTULO 05

BATATA PRODUZIDA A PARTIR DE MICROPROPAGAÇÃO E DE MINUTUBÉRCULOS SOB NÍVEIS DE FÓSFORO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.

Darlene Sausen

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
Endereço: RN 160 - Km 03 - Distrito de Jundiá, Macaíba-RN, Brasil
E-mail: darlene_sn@yahoo.com.br

Riteli Baptista Mambrin

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Centro de Ensino Superior Riograndense - Faculdade CESURG de Marau.
Endereço: Av. Julio Borello, 1968, Centro, Marau - RS.
E-mail: ritimambrin@gmail.com

Daniela Buzatti Cassanego

Doutora em Ciência e Tecnologia dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Instituto Federal Farroupilha- IFFar - Santo Ângelo
Endereço: Rodovia RS-218 - Indubrás, Santo Ângelo, RS. 98806-700
E-mail: danybuzatti@yahoo.com.br

Jover da Silva Alves

Doutorando em Biologia Celular e Molecular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Endereço: Rua Octávio Corrêa, 12 apto 18, Cidade Baixa, Porto Alegre, RS, Brasil
E-mail: joversalves@gmail.com

Aline Soares Pereira

Doutoranda em Agronomia na Universidade Federal de Pelotas
Instituição: Universidade Federal de Pelotas
Endereço: Av. Eliseu Maciel, Capão do Leão-RS, Brasil
E-mail: lyne_asp@hotmail.com

Athos Odin Severo Dorneles

Doutor em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas
Instituição: Universidade Federal de Pelotas
Endereço: Av. Eliseu Maciel, Capão do Leão-RS, Brasil
E-mail: athos_odin@hotmail.com

Katieli Bernardy

Mestre em Agrobiologia pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria
Endereço: Rua Dyonélio Machado, 585, Camobi, Santa Maria, RS.
E-mail: katibernardy@hotmail.com

Raíssa Schwalbert

Doutoranda em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria

Endereço: Avenida Roraima número 1000 Camobi, Santa Maria - Brasil.

E-mail: raissa_schwalbert@hotmail.com

RESUMO: A batata (*Solanum tuberosum* L.) figura entre as principais hortaliças comercializadas no Brasil. Um fornecimento balanceado de nutrientes para essa cultura pode proporcionar maior absorção de P pelas plantas e conferir aumento de produtividade. Os sistemas hidropônicos e semi hidropônicos têm-se mostrado uma alternativa viável de produção por proporcionam maior controle dos nutrientes utilizados, por aumentar a oferta de batata semente de elevada sanidade aos bataticultores e permitem a utilização tanto de plantas provenientes da micropropagação quanto de plantas provenientes de tubérculos como material propagativo. No entanto, pouco se sabe até o momento, se a origem do material propagativo interfere na produção da planta. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de massa seca total de plantas de batata provenientes de micropropagação e de minitubérculos cultivadas em solução nutritiva com baixo e alto nível de fósforo em sistema de cultivo semi hidropônico. Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação com os genótipos SMIC 148-A, SMINIA 793103-3 e as cultivares Asterix e Atlantic crescidos em solução nutritiva com baixo (2,32 mg P L⁻¹) e alto (23,2 mg P L⁻¹) níveis de P em cultivo semi hidropônico usando areia como substrato. Em baixo nível de P não é possível selecionar genótipos de batata quanto a produção de massa seca total independente da origem propagativa das plantas. A resposta da aplicação de P na massa seca total dos genótipos de batata foi definida pela origem propagativa das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Cultivo fora solo; Hidroponia; Nutrição mineral; Propagação; *Solanum tuberosum* L..

ABSTRACT: The potato (*Solanum tuberosum* L.) is among the main vegetables marketed in Brazil. A balanced supply of nutrients for this crop can provide greater P absorption by plants and increase productivity. Hydroponic and semi-hydroponic systems have been shown to be a viable production alternative because they provide greater control of the nutrients used, for increasing the supply of high health seed potatoes to potato producer and allow the use of both plants from micropropagation and plants from tubers as propagating material. However, little is known so far, if the origin of the propagating material interferes with the production of the plant. Thus, the objective of this work was to evaluate the production of total dry mass of potato plants from micropropagation and mini-tubers grown in nutrient solution with low and high phosphorus in a semi-hydroponic cultivation system. Two experiments were taken out in a greenhouse with the SMIC 148-A and SMINIA 793103-3 genotypes and the Asterix and Atlantic cultivars grown in nutrient solution with low (2.32 mg P L⁻¹) and high (23.2 mg P L⁻¹) P levels in semi-hydroponic cultivation using sand as a substrate. At a low P level, it is not possible to select potato genotypes for the production of total dry matter regardless of the propagative origin of the plants. The response of the application of P in the total dry mass of the potato genotypes was defined by the propagative origin of the plants.

KEYWORDS: Hydroponics; Mineral nutrition; Propagation; Soilless cultivation; *Solanum tuberosum* L

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) figura entre as principais hortaliças comercializadas no Brasil, tendo sido negociado pelo mercado atacadista cerca de 870 mil toneladas de batata em 2019 (CONAB, 2019). Essa cultura possui alta capacidade de produção em um ciclo relativamente curto, o que demanda um equilibrado aporte nutricional para seu crescimento ideal (MARTINS et al., 2018).

Um fornecimento balanceado de nutrientes para a cultura da batata pode proporcionar maior absorção de P pelas plantas, maior rendimento de matéria seca e também pode interferir na maior absorção de outros nutrientes, que conjuntamente com o P, podem conferir aumento de produtividade (FERNANDES et al., 2017).

Os sistemas hidropônicos e semi hidropônicos têm-se mostrado uma alternativa viável de produção, por proporcionam maior controle dos nutrientes utilizados e ainda por aumentar a oferta de batata semente de elevada sanidade aos bataticultores (BISOGNIN et al., 2015a). Esses sistemas permitem a utilização tanto de plantas provenientes da micropropagação quanto de plantas provenientes de tubérculos como material propagativo. No entanto, plantas provenientes de micropropagação tem um custo de produção alto devido ao uso de equipamentos e reagentes específicos (BISOGNIN et al., 2015b).

A diferença na fonte do material propagativo para a produção de batata pré-básica pode influenciar na absorção de P e consequentemente na produtividade. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de massa seca total de plantas de batata provenientes de micropropagação e de minitubérculos cultivadas em solução nutritiva com baixo e alto nível de fósforo em sistema de cultivo semi hidropônico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos simultaneamente em casa de vegetação na cidade de Santa Maria – RS (29° 42' 56"S, 53° 43' 13"O e altitude de 95m), durante o cultivo de primavera de 2014 (12/09 a 05/11). Foram avaliados os genótipos SMIC 148-A, SMINIA 793103-3 e as cultivares Asterix e Atlantic, provenientes do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria. Para fins de simplificação, as cultivares 'Asterix' e 'Atlantic' serão referidas simplesmente como genótipos.

Em um dos experimentos o material vegetal foi previamente micropropagado e inoculado em meio de cultivo MS padrão (MURASHIGE; SKOOG, 1962), mantidos em sala de crescimento com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 16h por 14 dias e posteriormente aclimatizadas por mais 10 dias em sistema de cultivo semi hidropônico. Enquanto no outro experimento, o material vegetal foi proveniente de minitubérculos, que foram plantados em copos plásticos de 200ml contendo areia, permanecendo nesse sistema por 30 dias quando as plantas foram destacadas dos tubérculos-mãe. As plantas produzidas a partir de minitubérculos e micropropagação no momento do transplante para o leito de cultivo apresentavam entre 4 e 6 folhas com comprimento médio de parte aérea variando em 3 e 8cm pl^{-1} .

Após esse período de aclimatização e de crescimento, as plantas de cada experimento foram transplantadas para um sistema de cultivo em areia num espaçamento 10 por 10 cm (BANDINELLI et al., 2013). Recebendo três irrigações com solução nutritiva durante o dia, com o auxílio de um programador digital e uma bomba de baixa vazão, de modo que todo o substrato ficasse saturado de solução, bem como a solução excedente fosse drenada através de um orifício situado na base da bandeja.

Os tratamentos de fósforo consistiram de 5 e 50% da concentração padrão de P na solução nutritiva descrita por BISOGNIN et al. (2015b) para o cultivo sem solo de batata, chamados neste trabalho de baixo ($2,32\text{mg P L}^{-1}$) e alto ($23,2\text{mg P L}^{-1}$) níveis de P. Para manter o teor de potássio da solução padrão, utilizou-se o KCl. A condutividade elétrica (CE) foi mantida em $2\text{dS m}^{-1}\pm 0,2$ (água foi utilizada para reduzir a CE quando necessário) e o pH em 5,7 ajustados a cada dois dias através da adição de HCl.

Para os dois experimentos o delineamento utilizado foi blocos ao acaso, com cinco repetições. Os tratamentos foram combinados em um esquema fatorial 4×2 , sendo quatro genótipos de batata (Asterix, Atlantic, SMIC 148-A e SMINIA 793103-3) e 2 níveis de P ($2,32$ e $23,2\text{mg P L}^{-1}$). A unidade experimental foi composta de três plantas.

Antes do início do período de senescência, as plantas foram colhidas, aproximadamente 44 dias após o plantio para plantas provenientes de micropropagação e 54 dias para as plantas provenientes de minitubérculos. A matéria seca foi determinada após secagem do material em envelopes de papel abertos durante 15 dias em estufa a 60°C , utilizando balança com $0,0001\text{g}$ de precisão.

O efeito dos níveis de fósforo da solução nutritiva para cada genótipo foi avaliado segundo a massa seca total de plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias entre níveis de P e entre genótipos foram comparadas pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa estatístico Sisvar 5.0 (UFLA).

Para classificar os genótipos quanto à resposta ao P na produção de massa seca total foram confeccionados diagramas de acordo com Fox (1978) tanto para plantas provenientes de micropropagação quanto para plantas provenientes de minitubérculos. Para a representação gráfica no plano cartesiano temos no eixo x a massa seca total verificado sob baixo nível de P e no eixo y a resposta à aplicação de P, onde a diferença entre a produção de massa seca nos dois níveis de P foi dividida pela diferença nos níveis de P aplicado. O ponto de origem do eixo horizontal foi a média de produção de massa seca no baixo nível P de todos os clones, enquanto o ponto de origem do eixo vertical foi a média da resposta do P aplicado de todos os clones. Os diagramas foram divididos em quatro quadrantes que separam os clones em grupo. No primeiro quadrante são representados os clones eficientes e responsivos; no segundo os eficientes e não responsivos; no terceiro os não eficientes e não responsivos; e no quarto os não eficientes e responsivos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na comparação entre os níveis de P nas plantas provenientes de micropropagação, observa-se que os genótipos Atlantic e SMIC 148-A apresentaram redução na MST, na ordem de 62,5 e 32,4%, respectivamente quando submetidos ao baixo nível de P (2,32 mg P L⁻¹) (Tabela1). As limitações na disponibilidade de P podem acarretar restrições no desenvolvimento, que vão desde a diminuição na altura de planta, redução na brotação e desenvolvimento de raízes secundárias, na produção de matéria seca e na produção de sementes (GRANT, 2001).

Tabela 1: Efeito de dois níveis de fósforo (2,32 e 23,2 mg P.L⁻¹) na solução nutritiva na massa seca total da planta dos genótipos de batata Asterix, Atlantic, SMIC 148-A e SMINIA 793103-3 provenientes de micropropagação, avaliados aos 44 dias após plantio. Santa Maria-RS.

Massa seca total (g pl ⁻¹)					
Genótipos	2,32 mg P L ⁻¹		23,2 mg P L ⁻¹		Média
Asterix	7,12	Aa	8,19	Ac	7,65

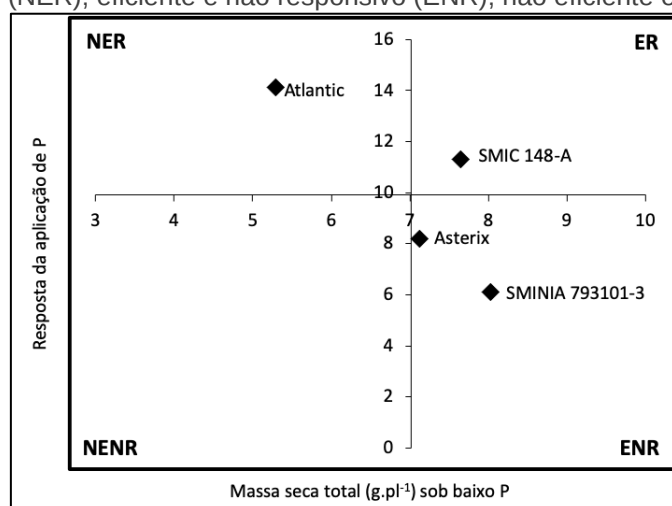
Atlantic	5,29	Ba	14,11	Aa	9,65
SMIC 148-A	7,65	Ba	11,31	Ab	9,48
SMINIA 793101-3	8,03	Aa	6,10	Ac	7,06
Média	7,02		9,93		
CV (%)			23,89		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Os autores.

Em alto nível de P (23,2 mg P L⁻¹) o genótipo Atlantic apresentou a maior MST (14,11 mg planta⁻¹) diferindo dos demais, o que sugere que este genótipo mesmo não sendo eficiente ao P, seja o que melhor responde com produção de MST quando se aumenta a oferta desse nutriente (Tabela 1 e Figura 1). Enquanto o SMIC 148-A é eficiente ao P e responsivo ao aumento de P na solução nutritiva e os genótipos Asterix e SMINIA 793101-3 são eficientes ao P mas não responde com aumento de MST quando há mais P disponível na solução nutritiva em cultivo semi hidropônico com as plantas provenientes de micropropagação (Figura 1).

Figura 1: Diagrama de classificação dos genótipos de batata Asterix, Atlantic, SMIC 148-A e SMINIA 793103-3 oriundos de micropropagação, quanto à resposta da aplicação de P na produção de massa seca total da planta aos 44 dias após plantio. Eficiente e responsivo (ER); não eficiente e responsivo (NER); eficiente e não responsivo (ENR); não eficiente e não responsivo (NENR).



Fonte: Os autores.

Quanto à produção de massa seca total (MST) de plantas provenientes de minitubérculos o genótipo SMINIA 793103-3 foi o único que apresentou redução (68,5%) quando submetido ao baixo nível de P (2,32 mg P L⁻¹) (Tabela 2). No alto

nível de P (23,2 mg P L⁻¹), esse genótipo também foi o que apresentou maior produção de MST entre os genótipos testados, ou seja, esse genótipo não é eficiente em converter o P da solução nutritiva em MST, mas quando o aporte do nutriente é abundante ele sobressai aos demais testados produzindo, pelo menos, 30% a mais de MST (Figura 2).

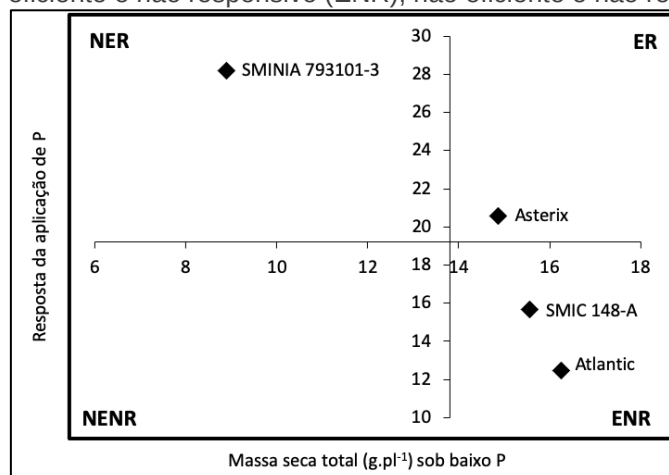
Tabela 2: Efeito de dois níveis de fósforo (2,32 e 23,2 mg P L⁻¹) na solução nutritiva na massa seca total da planta dos genótipos de batata Asterix, Atlantic, SMIC 148-A e SMINIA 793103-3 provenientes de microtubérculos, avaliados aos 54 dias após plantio. Santa Maria-RS.

Massa seca total (g pl ⁻¹)					
Genótipos	2,32 mg P L ⁻¹		23,2 mg P L ⁻¹		Média
Asterix	14,87	Aa	20,56	Ab	17,71
Atlantic	16,25	Aa	12,46	Ab	14,35
SMIC 148-A	15,56	Aa	15,67	Ab	15,61
SMINIA 793101-3	8,89	Ba	28,20	Aa	18,54
Média	13,89		19,22		
CV (%)	37,73				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Os autores.

Figura 2: Diagrama de classificação dos genótipos de batata Asterix, Atlantic, SMIC 148-A e SMINIA 793103-3 oriundos de tubérculos, quanto à resposta da aplicação de P na produção de massa seca total da planta aos 54 dias após plantio. Eficiente e responsivo (NER); não eficiente e responsivo (NER); eficiente e não responsivo (ENR); não eficiente e não responsivo (NENR).



Fonte: Os autores

Os genótipos Asterix, SMIC 148-A e Atlantic conseguem produzir, em média, 15,5g de MST a cada mg de P por litro de solução nutritiva e por isso são considerados genótipos eficientes aos P (Tabela 2 e Figura 2). Porém, apenas o genótipo Asterix responde com aumento de MST quando se aumenta o nível de P ofertado na solução nutritiva, ou seja, é eficiente e responsivo ao P (ER), quando as plantas são provenientes de minitubérculos em sistema de cultivo semi hidropônico (Figura 2).

No baixo nível de P na solução nutritiva não houve diferença entre os genótipos testados quando as plantas são provenientes de micropropagação, assim como correu com as plantas provenientes de minitubérculos (Tabela 1 e 2). Essa dificuldade de diferenciar genótipos de batata cultivados em baixo nível deste nutriente em relação a acumulação de P também já foi relatada em outras pesquisas envolvendo seleção de plantas (BALEMI, 2011).

Ao analisarmos os diagramas de classificação dos genótipos quanto à resposta da aplicação de P na produção MST (Figura 1 e 2), verificamos que não há genótipos não eficiente e não responsivos ao P (NENR), independente de qual tenha sido a forma de obtenção das plantas e portanto, todos podem permanecer nos programas de melhoramento da batata que buscam por genótipos mais eficientes ao uso do P.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em baixo nível de P não é possível selecionar genótipos de batata quanto a produção de massa seca total independente da origem propagativa das plantas.

A resposta da aplicação de P na massa seca total dos genótipos de batata foi definida pela origem propagativa das plantas.

REFERÊNCIAS

- BALEMI, T. Screening for genotypic variation in potato for phosphorus efficiency. **International Research Journal of Plant Science**, v.2, p.233-243, 2011.
- BANDINELLI, M. G. et al. Concentração dos sais e da sacarose do meio MS na multiplicação *in vitro* e na aclimatização de batata. **Horticultura Brasileira**, v.31, p.242-247, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362013000200011>> Acesso em: 19 jan. 2020. doi: 10.1590/s0102-05362013000200011.
- BISOGNIN, D. A. DELLAI, J. Shoot growth restriction in dry matter partitioning and minituber production of potato plants. **Ciência Rural**, v.45, p.1917-1924, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130393>> Acessado em 4 de fev. 2020. doi: 10.1590/0103-8478cr20130393.
- BISOGNIN, D. A. et al. Rooting potential of mini-cuttings for the production of potato plantlets. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 366-371, 2015.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim Hortigranjeiro**. Brasília. v.5, n.12, 2019. 72p.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SOUZA, E. F. C.; JOB, A. L. G. Nutrient Uptake and Removal by Potato Cultivars as Affected by Phosphate Fertilization of Soils with Different Levels of Phosphorus Availability. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v.41, p.1-23, 2017.
- FOX, R. H. Selection for phosphorus efficiency in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.9, p.13-37, 1978. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00103627809366784>> Acesso em: 19 jan. 2020. doi: 10.1080/00103627809366784.
- GRANT, C. A. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**. n.95, 2001. 16p.
- MARTINS, J. D. L.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; DIAS, P. H. M. Phosphorus fertilization and soil texture affect potato yield. **Revista Caatinga**, v.31, n.3, p.541 – 550, 2018.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. **Physiologia Plantarum**. v.15, p.473-497, 1962.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**. v.30, p.507-512, 1974. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2529204>> Acesso em: 19 jan. 2020. doi: 10.2307/2529204.

CAPÍTULO 06

PERFIL MICROBIOLÓGICO E POTENCIAL SIMBIÓTICO DE GELADOS COMESTÍVEIS LIGHT ADICIONADOS DE FARINHA DE MANDIOCA COZIDA.

Fernando Jünges

Tecnólogo em Alimentos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus de Medianeira - PR
Endereço: Avenida Brasil, 4232 Parque Independência, Medianeira - PR, Brasil
Cep: 85884-000
E-mail: junges@hotmail.com

Gabrieli Beatriz Ferronato

Tecnólogo em Alimentos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus de Medianeira - PR
Endereço: Avenida Brasil, 4232 Parque Independência, Medianeira - PR, Brasil
Cep: 85884-000
E-mail: gabrieliferronato@alunos.utfpr.edu.br

Marinês Paula Carso

Doutora em Ciência dos Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus de Medianeira - PR
Endereço: Avenida Brasil, 4232 Parque Independência, Medianeira - PR, Brasil
Cep: 85884-000
E-mail: corso@utfpr.edu.br

Carla Adriana Pizzarro Schmidt

Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus de Medianeira - PR
Endereço: Avenida Brasil, 4232 Parque Independência, Medianeira - PR, Brasil
Cep: 85884-000
E-mail: carlaschmidt@utfpr.edu.br

Valdemar Padilha Feltrin

Doutor em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus de Medianeira - PR
Endereço: Avenida Brasil, 4232 Parque Independência, Medianeira - PR, Brasil
Cep: 85884-000
E-mail: feltrin@utfpr.edu.br

Elciane Regina Zanatta

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus de Medianeira - PR

Endereço: Avenida Brasil, 4232 Parque Independência, Medianeira - PR, Brasil

Cep: 85884-000

E-mail: elcianezezanatta@utfpr.edu.br

Celeide Pereira

Doutora em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina

Endereço: Avenida Brasil, 4232 Parque Independência, Medianeira - PR, Brasil

Cep: 85884-000

E-mail: celeide@utfpr.edu.br

RESUMO: A fissura labial com ou sem fenda palatina (CL / P) é a anomalia craniofacial mais frequente. Os avanços na análise molecular e quantitativa sugerem que a etiologia é multifatorial da CL / P não síndrômica (NSCL / P) e oferece novas oportunidades para identificar genes e interações gene-ambiente relevantes para a etiologia desse defeito de nascimento comum e representativo. O presente estudo teve como objetivo detectar variantes genéticas nos genes IRF6 e GRHL3 e suscetibilidade ao NSCL / P em populações da região centro-oeste e norte do Brasil. Analisamos um conjunto de 80 indivíduos com NSCL / P da Associação de Combate como Deformidades Faciais, recrutados no Centro-Oeste e Norte do Brasil. Realizamos a amplificação da sonda multiplexada dependente da ligação (P304-B1-IRF6 / GRHL3 (lote B1-0116)) e análise de PCR para confirmação. No estudo MPLA, o éxon 4 de GRHL3, mostra uma possível alteração. Portanto, realizamos uma validação por PCR dessas alterações. Os resultados não mostraram alteração nesses genes (IRF6 e GRHL3), corroborando com estudos anteriores. Até onde sabemos, este estudo de ambos os genes é o primeiro nessas áreas específicas do Brasil, analisando indivíduos com NSCL / P. Estudos identificaram uma variante missense no gene grainyhead-like-3 (GRHL3) em indivíduos com fissura palatina. A contribuição dessas variantes genéticas para a suscetibilidade ao NSCL / P deve ser investigada em diferentes populações e coortes. Assim, as causas genéticas subjacentes da NSCL / P permanecem amplamente desconhecidas.

PALAVRAS-CHAVE: Fenda labial, fenda palatina, mutação missense, fendas orofaciais, polimorfismo.

ABSTRACT: Cleft lip with or without cleft palate (CL/P) is the most frequent craniofacial anomaly. Advances in molecular and quantitative analysis suggests that the etiology is multifactorial of nonsyndromic CL/P (NSCL/P), and provide new opportunities to identify genes and gene-environment interactions relevant to the etiology of this common and representative birth defect. The present study aimed at detecting genetic variants in IRF6 and GRHL3 genes and susceptibility to NSCL/P in West Central and Northern Brazilian populations. We analyzed a set of 80 individuals with NSCL/P from Associação de Combate as Deformidades Faciais, recruited from Midwest and Northern Brazil. We performed Multiplex Ligation-dependent Probe Amplification (P304-B1-IRF6/GRHL3 (Lot B1-0116)) and PCR analysis for confirmation. In the MPLA study exon 4 of GRHL3, show possible alteration. Therefore, we performed a PCR validation of these alterations. The results showed no alteration on these genes (IRF6 and GRHL3) corroborating with previous studies. To our knowledge, this study of both genes is the first in these specific areas of Brazil,

analyzing individuals with NSCL/P. Studies have identified a missense variant in the gene grainyhead-like-3 (GRHL3) in cleft palate individuals. The contribution of these genetic variants to NSCL/P susceptibility should be further investigated in different populations and cohorts. Thus, the underlying genetic causes of NSCL/P remain largely unknown.

KEYWORDS: Cleft lip, cleft palate, missense mutation, orofacial clefts, polymorphism.

1. INTRODUÇÃO

Diante do crescente interesse da população por alimentos saudáveis, o mercado vem estimulando o aumento da produção de alimentos funcionais, sendo que promovem benefícios à saúde humana por estarem relacionados à presença de bactérias láticas (OLIVEIRA; SILVA, 2011). Os probióticos são descritos como microrganismos vivos que quando administrados em quantidade adequada conferem benefícios aos seus consumidores (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 2001).

A quantidade mínima viável de probióticos deve estar situada na faixa de 10^8 a 10^9 unidades formadoras de colônias (UFC) na recomendação diária do produto pronto para consumo, conforme indicação do fabricante (BRASIL, 2008). A quantidade mínima diária de microrganismos probióticos viáveis que devem ser ingeridos para efeitos terapêuticos é de 100 gramas (BRASIL, 2002). As espécies mais utilizadas para a obtenção de produtos probióticos com alegação de propriedades funcionais são os lactobacilos e bifidobactérias (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2011).

Os prebióticos são considerados fibras que não são digeríveis nem absorvidas pelo intestino delgado, pois são resistentes a ação das enzimas salivares e intestinais (SANTOS et al., 2011).

Os simbióticos podem promover aumento do número de bifidobactérias, controle glicêmico, redução da taxa de colesterol sanguíneo, balanceamento da microbiota intestinal saudável que auxilia na redução da obstipação e/ou diarreia, melhora da permeabilidade intestinal e estimulação do sistema imunológico (MANZANARES et al., 2006).

Os consumidores também estão de olho em produtos que evitem o uso excessivo de açúcares e que possam aumentar a possibilidade de doenças, além da expectativa de melhorar qualidade de vida, e com isso temos a competição entre o desenvolvimento de produtos que atendam essas demandas (SIRÓ et al., 2008). Os diversos estudos sobre o consumo de fibras alimentares indicam que as mesmas possuem um grande papel em muitos processos fisiológicos e na prevenção de algumas doenças, além de atuar na melhora dos níveis de lipídeos séricos, reduzir a pressão arterial, e atuar no melhoramento do sistema imunológico, atuando na inovação no desenvolvimento de sorvetes e que atendam as demandas do mercado (BERNAUD; RODRIGUES, 2013).

A mandioca é um alimento básico da população brasileira, devido seu baixo custo, e seu público ser de baixa renda, além disso, a indústria de beneficiamento do tubérculo tem produzido diferentes produtos, dentre eles estão a mandioca minimamente processada, mandioca pré-cozida e congelada, mandioca chips, farinhas, farofas, fécula, polvilho azedo, sagu, até produtos de maior valor agregado como os amidos modificados, com diversas aplicações industriais (FERNANDES, 2016). Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2015) a produção mundial de mandioca tem crescido, com aumento na produção de 2,8% em 2013 em relação ao ano de 2012.

A utilização dos edulcorantes representa uma alternativa para melhorar a palatabilidade de alguns produtos em relação ao dulçor dos sorvetes, os edulcorantes tornam-se uma alternativa viável, pois são substâncias diferentes dos açúcares que conferem sabor doce ao alimento, resolução MERCOSUR / GMC nº 83/93. A sucralose é um adoçante não calórico e possui alto poder adoçante (GRICE; GOLDSMITH, 2000). Ela é 600 vezes mais doce que a sacarose, sendo que sua doçura pode variar de 400 a 800 vezes em relação á da sacarose e duas vezes a da sacarina (CÂNDIDO; CAMPOS, 2000). O acessulfame-k é um sal de potássio do 6-metil-1,2,3-oxatiazina-4-ona-2,2-dióxido, trata-se de edulcorante não calórico, sendo aproximadamente 200 vezes mais doce que a sacarose, e não apresenta gosto residual (MENDONÇA et al., 2005).

O soro é um líquido resultante da separação das caseínas e da gordura do leite no processo de elaboração do queijo. Atualmente o conhecimento da sua composição e os avanços tecnológicos tornou-o uma fonte importante de componentes lácteos de grande valor para a indústria alimentícia e farmacêutica (ORDÓÑEZ et al., 2005). O soro é composto basicamente de 94% a 95% de água, 3,8% a 4,2% de lactose, 0,8% a 1,0% de proteínas e 0,7% a 0,8% de minerais. É um subproduto de relevante importância na indústria de laticínios, tendo em vista o volume produzido e sua composição nutricional (HUFFMAN, 1996).

Os concentrados proteicos de soro (CPS) de leite têm sido incluídos nas formulações de sorvetes devido a sua contribuição favorável para as qualidades sensoriais e de textura do produto, sendo ainda fonte alternativa de sólidos não gordurosos do leite (SNGL) de mais baixo custo (PARSONS; DYBING; CODER, 1985; TIRUMALESHA; JAYAPRAKASHA, 1998). As excelentes propriedades funcionais, nutricionais e seu considerável potencial para mistura com vários produtos

alimentícios, tem viabilizado a aplicação do CPS em diversos produtos nas indústrias de laticínios, como por exemplo, iogurtes, bebidas lácteas, cremes, queijos, além de sorvetes (HUFFMAN, 1996; JAYAPRAKASHA; BRUECKENER, 1999; VOORBERGEN; ZWANENBERG, 2002).

Mundialmente, o sorvete é um produto de boa aceitação sensorial. No Brasil, o sorvete é um dos derivados lácteos mais apreciados pela população em geral, a melhora do poder aquisitivo da população brasileira aumentou muito a demanda pelo seu consumo, tornando-se uma ótima perspectiva para seu crescimento comercial. De 2003 a 2013, o consumo de sorvetes no Brasil passou dos 685 milhões de litros para 1,244 bilhões de litros, um aumento de 86,1% (DAROIT, 2014).

Considerado um alimento completo, de alto valor do ponto de vista nutricional, rico em vitaminas A, B1, B2, B6, C, D, E e K, cálcio, fósforo e outros minerais, o sorvete é também uma alternativa para o aproveitamento de subprodutos da indústria láctea como o soro de leite e seus derivados, por serem nutritivos e de baixo custo.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sorvete funcional *light* com adição de bactérias probióticas, soro de queijo, concentrado proteico de soro, farinha de mandioca cozida, edulcorante sucralose/acessulfame-k, obtendo-se um produto com propriedades nutritivas, energéticas e funcionais, obtendo uma alternativa tecnológica viável.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

O soro de queijo utilizado para a elaboração das formulações dos gelados comestíveis foi doado por laticínios localizado na região oeste do Paraná, em, sendo transportado em caixa de isopor sob condições de refrigeração até as dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR, campus Medianeira. A cultura mista de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* e *Streptococcus salvarius subsp. termophilus* e a cultura láctica probiótica *Bifidobacterium bifidum*, foi obtida por doação da empresa DANISCO-FERMENTEC®, o concentrado proteico de soro foi doado pela empresa ALIBRA®. A mandioca foi adquirida de um produtor rural da cidade de Medianeira, sendo devidamente higienizada, descascada, congelada e transportada em caixas de isopor até as dependências da universidade. Os demais ingredientes tais como: estabilizante, emulsificante, edulcorante e aroma foram adquiridos no comercio local da cidade de Medianeira Paraná, estando todos dentro

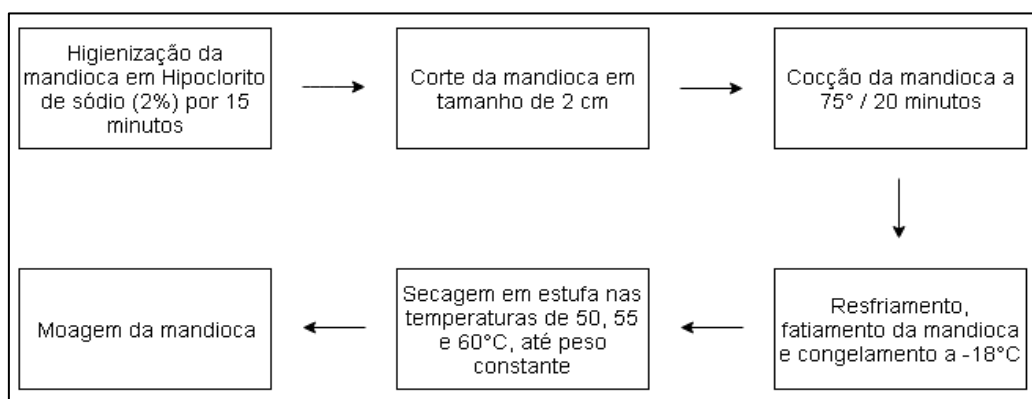
do prazo de validade e em condições adequadas para seu uso. Foram utilizados os laboratórios Laboratório de Industrialização de Laticínios (J-16), Laboratório de Microbiologia (L-39), Laboratório de Análise Sensorial (L24B) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus de Medianeira.

2.2 OBTENÇÃO DA FARINHA DE MANDIOCA COZIDA

Para a obtenção da farinha de mandioca cozida, foram utilizados aproximadamente 30 kg de mandioca. As mandiocas já descascadas foram devidamente higienizadas e postas em solução de hipoclorito de sódio a 2% por tempo de 15 minutos para a eliminação de contaminantes, foram cortadas em tamanhos de 2 cm, sendo submetidas à cocção a 75 °C/20 minutos. Após a cocção foram acondicionadas em geladeiras para resfriarem, sendo em seguida fatiadas com auxílio de um ralador e congeladas a -18 °C em freezer horizontal, modelo: cha31bbana - marca Consul.

A secagem foi realizada utilizando forno elétrico modelo 1.9 Vipão-Panictech®, com circulação forçada de ar, sendo realizada em temperatura de 50, 55 e 60 °C, com acompanhamento da perda de peso em balança eletrônica, modelo UDI20000/2 marca Urano. A Figura 1 apresenta o fluxograma de preparo da farinha de mandioca cozida.

Figura 1: Fluxograma do preparo da farinha de mandioca cozida.



Fonte: Os autores.

2.3 PREPARO DO INOCULO

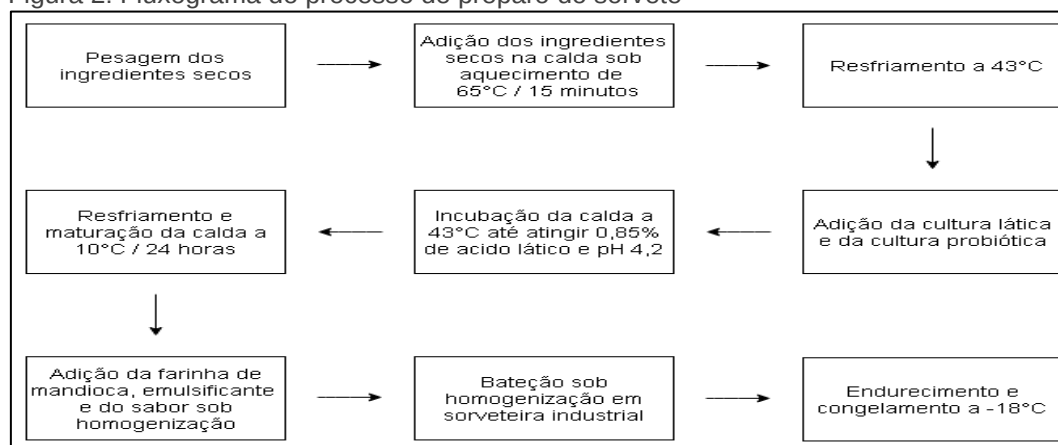
A cultura iniciadora liofilizada comercial YO-MIX 499 LYO (DVS – DANISCO® - C, Horsholm, Denmark) foi utilizada contendo as bactérias termofílicas *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* com proporção variando entre 80 – 90% de *S. thermophilus* e 10 – 20% de *L. bulgaricus*

(informação do fabricante). A cultura comercial é de uso direto, seguindo a metodologia de Thamer e Penna (2006), onde foi dissolvida assepticamente em um litro de leite (12% m/v) previamente tratado a 100 °C por 25 minutos e resfriado a 5 °C, sendo em seguida distribuída em frascos estéreis. Os frascos foram mantidos em freezer, à temperatura de -18 °C, e na ocasião de uso foram descongelados, sendo as culturas inoculadas diretamente na mistura dos ingredientes para iniciar a fermentação láctea. Foi utilizada a proporção de 2 % (v/v) de inóculo.

2.4 ELABORAÇÃO DAS FORMULAÇÕES DOS GELADOS COMESTÍVEIS

Após pesagem dos ingredientes secos, efetuou-se a filtragem do soro e adição sob agitação dos ingredientes secos, efetuando a pasteurização da calda a 65°C por 15 minutos, sendo a seguir resfriada a 43°C. Inocularam-se as culturas de *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* e cultura probiótica *Bifidobacterium bifidum*, e foram levadas para incubação a 43°C até atingir a acidez 0,85% de ácido láctico e pH 4,2. A calda foi resfriada a temperatura de 10°C por 24 horas para a maturação. Após a maturação foi adicionado o estabilizante, o sabor leite condensado e a farinha de mandioca nas proporções estipuladas para cada formulação, submetendo a calda a bateção em sorveteira industrial modelo (Skysem®), a temperatura de – 17°C até obtenção de consistência, aspecto e cremosidade adequada. A seguir, todas as formulações de sorvete foram acondicionadas em baldes devidamente higienizados, sendo codificados e submetidos a congelamento e endurecimento em freezer com temperatura de - 18°C. A obtenção dos gelados comestíveis foi elaborada de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma do processo de preparo do sorvete



Fonte: Os autores.

Para o preparo do sorvete, os ingredientes foram pesados e calculados com base no volume total (9 litros), conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Porcentagem dos ingredientes utilizados nas formulações F1, F2, F3 e F4 (Padrão) dos sorvetes.

Ingredientes	F1	F2	F3	F4 (Padrão)
Soro	78,65%	73,65%	63,65%	83,65%
Concentrado protéico de soro	10%	10%	10%	10%
Estabilizante	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%
Edulcorante	0,65%	0,65%	0,65%	0,65%
Emulsificante	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%
Fermento acidificante	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%
Fermento probiótico	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%
Aroma (leite condensado)	2%	2%	2%	2%
Farinha de mandioca	5%	10%	20%	-
Total	100%	100%	100%	100%

Fonte: Os autores.

2.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DO SORVETE

As análises microbiológicas do sorvete foram realizadas segundo metodologia descrita segundo a Instrução Normativa nº 62 de 2003, que oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Os resultados obtidos foram comparados com os definidos pela Resolução RDC nº 12 (BRASIL, 2001). Foram empregadas as análises de coliformes (NMP/mL) a 35 °C e 45 °C; de *Salmonella ssp* por 25 mL; Staphylococcus Coagulase Positiva; Bolores e Leveduras. Análise de bactérias probióticas e lácticas foram realizadas segundo metodologia descrita no manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água (SILVA, JUNQUEIRA, SILVEIRA, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises microbiológicas do soro apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados das análises microbiológicas do soro.

Análises	Resultados
Coliformes a 35 ° C (NMP. mL ⁻¹)	<3
Coliformes a 45 ° C (NMP. mL ⁻¹)	<3
<i>Staphylococcus spp.</i> (coag. +/- g) (UFC/mL ⁻¹)	<100
<i>Salmonella spp.</i> / 25 mL	Ausência

Fonte: Os autores.

Os resultados das análises microbiológicas do soro apresentaram parâmetros dentro dos padrões exigidos pela legislação vigente (BRASIL, 2013), demonstrando que o soro apresentava ótima qualidade não oferecendo nenhum possível risco microbiológico através da sua utilização na elaboração do sorvete.

Reitz (2015) também encontrou resultados de acordo com o estabelecido pela legislação ao estudar o desenvolvimento e avaliação de sobremesa aerada de soro de leite sabor mirtilo. Cardoso (2014) encontrou resultados que não de adequavam as legislações, aonde afirma que os soros lácteos estudados apresentaram 16,67% de inadequação com a legislação, sendo este percentual observado somente na contagem de coliformes termotolerantes.

Apesar do soro de queijo ser fonte de bactérias lácticas e de conter excelentes proteínas, o uso desse produto só deve ser feito quando o mesmo for obtido em condições higiênico-sanitárias satisfatórias (FREITAS, 2011).

Os bons resultados e a qualidade do soro podem estar vinculados ao processamento e tipo de queijo ao qual foi obtido. Teixeira; Fonseca; Menezes (2007), ao analisarem o soro de diferentes tipos de queijo, afirmam que à contagem microbiana encontrada para coliformes totais e termotolerantes que apresentou maior contaminação foi o soro do queijo mussarela, observando os resultados das análises microbiológicas dos soros dos queijos minas frescal e mussarela deste estudo, registra-se, na contagem de coliformes termotolerantes, uma contaminação no soro do queijo minas frescal ($>10^3$ UFC/g) maior do que a contagem observada no soro do queijo mussarela ($2,3 \times 10^2$ UFC/g).

Os resultados das análises microbiológicas das formulações F1, F2, F3 e F4 (Padrão) do sorvete nos tempos de 0, 15 e 30 dias são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados das análises microbiológicas das formulações F1, F2, F3, F4 (padrão), nos tempos 0, 15 e 30 dias.

Análises	F1	F 2	F 3	F4 (Padrão)
Coliformes a 35 °C (NMP. mL ⁻¹)	<3	<3	<3	<3
Coliformes a 45 °C (NMP. mL ⁻¹)	<3	<3	<3	<3
Bolores e leveduras (UFC/mL ⁻¹)	<100	<100	<100	<100
<i>Staphylococcus spp.</i> (coag. +/- g) (UFC/mL ⁻¹)	<100	<100	<100	<100
<i>Salmonella spp.</i> / 25 mL	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

Fonte: Os autores.

Conforme a resolução RDC Nº 12 (BRASIL, 2001) que aprova o regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos, os resultados encontrados nas amostras estão dentro dos limites permitidos pela legislação. Deste modo, os resultados indicaram que as quatro formulações estavam aptas para o consumo, e que o preparo dos sorvetes foi realizado atendendo às Boas Práticas de Fabricação, mostrando que o processo de higienização e conservação das amostras foi eficiente (BRASIL, 2003).

Analisando ainda a Tabela 3 observa-se que, para coliformes 45 °C, os valores encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela Instrução Normativa n. 62 (BRASIL, 2003). Silva (2016) ao estudar elaboração de sorvetes com redução de gordura à base de soro de leite, também encontrou valores dentro dos padrões da legislação vigente.

Silva et al. (2012) encontraram valores acima dos estabelecidos pela legislação para coliformes termotolerantes, sugerindo que as boas práticas de fabricação não foram cumpridas corretamente, ou então os insumos utilizados na fabricação do sorvete artesanal não atendem as especificações, no mesmo estudo as análises de *Staphylococcus coagulase positiva* apresentaram-se em conformidade com a legislação.

Os sorvetes, em geral, são alimentos ideais para o crescimento microbiano em função de características como pH próximo a neutralidade (6,0 - 7,0), elevado valor nutritivo e longos períodos de armazenamento (SANTOS, 2008). O controle microbiológico do sorvete é de fundamental importância uma vez que, o mesmo não sofre qualquer processo de cocção ou esterilização após o preparo final, com isso, pode-se constituir-se em veículo de disseminação de microrganismos causadores de toxi-infecções (MAGALHÃES; BROIETTI, 2010). Portanto, cuidados no preparo, manuseio e conservação são fundamentais para evitar qualquer tipo de contaminação do produto.

Os resultados das análises das bactérias *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* e *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* e *Bifidobacterium bifidum* das formulações F1, F2, F3 e F4 (Padrão) nos tempos 0, 15 e 30 dias são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados das contagens das Bactérias Lácticas e Probióticas das formulações F1, F2, F3, F4 (padrão) nos tempos 0, 15 e 30 dias.

Formulação	Bacterias Lácticas e Probióticas	0 Dias	15 Dias	30 Dias
F1	<i>Streptococcus salivarius ssp. termophilus</i>	9,1x10 ¹⁰	7,0x10 ⁹	4,8x10 ⁹
	<i>Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus</i>	9,1x10 ¹⁰	7,0x10 ⁹	4,8x10 ⁹
	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	1,48x10 ¹²	1,7x10 ¹⁰	1,3x10 ¹⁰
F2	<i>Streptococcus salivarius ssp. termophilus</i>	3,9x10 ¹⁰	9,0x10 ⁹	4,9x10 ⁹
	<i>Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus</i>	3,9x10 ¹⁰	9,0x10 ⁹	4,9x10 ⁹
	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	1,44x10 ¹¹	5,0x10 ¹⁰	1,0x10 ¹⁰
F3	<i>Streptococcus salivarius ssp. termophilus</i>	3,7x10 ¹⁰	9,6x10 ⁹	5,9x10 ⁹
	<i>Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus</i>	3,7x10 ¹⁰	9,6x10 ⁹	5,9x10 ⁹
	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	6x10 ¹⁰	1,1x10 ¹⁰	1,0x10 ¹⁰
F4 (Padrão)	<i>Streptococcus salivarius ssp. termophilus</i>	3,2x10 ¹⁰	1x10 ⁹	6,0x10 ⁸
	<i>Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus</i>	3,2x10 ¹⁰	1x10 ⁹	6,0x10 ⁸
	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	1,34x10 ¹²	1,4x10 ¹¹	3,2x10 ¹⁰

F1: Formulação contendo 5% de farinha de mandioca; F2: Formulação contendo 10% de farinha de mandioca; F3: Formulação contendo 20% de farinha de mandioca; F4: Formulação sem adição de farinha de mandioca (controle).

Fonte: Os autores.

Pode-se observar que ocorreu uma pequena diminuição na quantidade de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) nas contagens ao longo do tempo de vida de prateleira de análise, onde as formulações apresentaram redução de bactérias lácticas e probióticas no tempo zero à quinze dias e de quinze à trinta dias, devido a exposição prolongada do congelamento dos microrganismos ao longo do tempo.

O congelamento e descongelamento em produtos probióticos mantidos congelados podem causar prejuízo às células, como morte celular, inibição do desenvolvimento e redução ou interrupção da atividade metabólica. Porém, existem vários estudos mostrando que pode haver maior taxa de sobrevivência em temperaturas mais baixas, e que a mortalidade aumenta conforme o tempo de armazenamento (ALAMPRESE et al., 2002).

Segundo a legislação vigente, para que o produto seja considerado funcional, ele deve apresentar até o final de seu prazo de validade pelo menos entre 10⁸ e 10⁹ UFC na porção diária, o que equivale ao consumo de 100 g de produto contendo entre 10⁶ e 10⁷ UFC de microrganismos probióticos (BRASIL, 2002), portanto, os resultados obtidos nas análises de bactérias probióticas de todas as formulações desenvolvidas

excederam o mínimo necessário no tempo 30 dias de armazenamento, estando de acordo com a legislação.

Fernandes (2015) afirma que houve um decréscimo da população de *L. delbrueckii* em 150 dias de armazenamento em todas as formulações de sorvete, esta redução decorre de injúrias causadas pelo congelamento ou outros mecanismos de estresse, como a incorporação de oxigênio durante a mistura, o que acaba favorecendo o decréscimo da contagem.

Salomão et al. (2013) observaram que outras espécies de micro-organismos probióticos se mantiveram praticamente inalteradas em relação a população de células viáveis, com uma redução inferior a um ciclo logarítmico em sorvete convencional de morango adicionado de cultura mista armazenado por 90 dias a -15°C. Por outro lado, Souza et al. (2011) obtiveram resultados inferiores, os quais observaram uma redução de 2 ciclos logarítmicos da população de células viáveis de *L. casei* LC-1 adicionado em sorvete convencional sabor creme armazenado por 98 dias a -20°C.

Schlabitx (2014) afirma que algumas das formulações em seus estudos obtiveram um decréscimo na concentração dos micro-organismos, durante 45 dias de estocagem o estudo foi realizado na aplicação de soro de ricota na elaboração de bebida láctea fermentada funcional.

Shah e Lankaputhra (1997) estudaram a viabilidade de bactérias probióticas em leites fermentados utilizando células rompidas e inteiras de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus* e células inteiras de bactérias probióticas *L. acidophilus*, e uma espécie de *Bifidobacterium*; *B. longum*, *B. infantis*, *B. bifidum*. Contagens de bactérias probióticas viáveis após fermentação foram dois ciclos log mais altas em iogurte preparado com bactérias rompidas do iogurte e células inteiras de bactérias probióticas. A viabilidade das bactérias probióticas após seis semanas foi superior a recomendação de 10^6 UFC/g.

Mazochi et al. (2010) afirmaram em seus estudos referentes a iogurte probiótico produzido com leite de cabra suplementado com *Bifidobacterium ssp.* que a contagem do número de células viáveis de *Bifidobacterium spp.* (*B. longum*, *B. breve*, *B. pseudolongum* e *B. bifidum*) permaneceram entre 10^6 e 10^8 UFC/mL e que a contagem de *Bifidobacterium spp.* ao longo do tempo foi estatisticamente semelhante, demonstrando que nenhum *Bifidobacterium* apresentou um comportamento superior a outro. De acordo com Awaishah, Haddadin e Robinson (2005), bactérias probióticas

devem, após a ingestão, alcançar os intestinos em porcentagens elevadas para serem capazes de sobreviver, aderir às paredes intestinais, multiplicar-se e, talvez, exercer seus efeitos de promoção à saúde.

Um estudo realizado com leite de cabra fermentado por *B. animalis* e *L. acidophilus*, mostra que durante a estocagem refrigerada do leite fermentado, ambas as espécies tiveram alto índice de sobrevivência, sendo superiores que 10^7 UFC/g (KONGO et al. 2006).

O consumo de produtos contendo *L. bugarius* e *B. bifidum* têm a potencialidade de melhorar os movimentos peristálticos do intestino, aumentando a absorção de nutrientes, prevenindo ou controlando infecções intestinais, bloqueando os receptores dos patógenos, inativando os efeitos das enterotoxinas e favorecendo o desenvolvimento de microrganismos resistentes a patógenos, especialmente contra *Escherichia coli* (LEE et al., 1999).

4. CONCLUSÃO

As análises microbiológicas de microrganismos contaminantes em todas as formulações se apresentaram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. As bactérias lácticas apresentaram contagens superior ao mínimo necessário no tempo 30 dias de armazenamento, as bactérias probióticas ficaram entre 10^8 e 10^{10} UFC g⁻¹ nos 30 dias de armazenamento, estes resultados podem ser devido ao efeito simbiótico pela presença das bactérias lácticas produtoras de acidez que viabilizou a manutenção do probiótico.

O crescimento da *Bifidobacterium bifidum* se mostrou viável no produto, tendo apresentado resultados mínimos de 10^9 UFC/g nas formulações F1, F2 e F3 entre os 30 dias de vida de prateleira, tendo um bom desempenho por estar presente juntamente com *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* que serviram como produtoras de acidez.

Os gelados comestíveis light adicionados de farinha de mandioca cozida, bactérias lácticas e bactérias probióticas apresentam viabilidade tecnológica podendo ser considerado um alimento simbiótico, apresentando características funcionais, sendo um produto desenvolvido para atender a demanda crescente dos consumidores por alimentos que promovem o bem estar e a saúde.

REFERÊNCIAS

- ALAMPRESE, C.; FOSCHINO, R.; ROSSI, M.; POMPEI, C.; SAVANI, L. survival of *Lactobacillus johnsonii* la1 and influence of its addition in retail-manufactured ice cream produced with different sugar and fat concentrations, **International Dairy Technology**, v. 12, 2002.
- BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. Fibra alimentar: ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Arquivo Brasileiro Endocrinologia Metabolismo**, vol.57, pp.397-405, n.6, 2013.
- BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, República Federativa do Brasil, Brasília, 02 de janeiro de 2001.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Agência de Vigilância Sanitária. Resolução nº 2, de 7 de janeiro de 2002. Regulamento Técnico de Substâncias Bioativas e Probióticos Isolados com Alegação de Propriedades Funcional e ou de Saúde, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. República Federativa do Brasil, Brasília, 17 julho de 2002.
- BRASIL. Ministério da saúde. Resolução nº 267, de 25 de setembro de 2003. Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis. **Diário Oficial da União**. República Federativa do Brasil, Brasília, Seção, 26 set, 2003.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial União**. República Federativa do Brasil, Brasília, 18 de setembro de 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 53, de 10 de abril de 2013. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2013.
- CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins especiais: dietéticos**. São Paulo: Varela, 2000.
- CARDOSO, G. S. P. **Avaliação físico-química e microbiológica do leite cru refrigerado soro dos queijos minas frescal e mussarela estocados sob diferentes temperaturas**. 2014, 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciência Animal, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- DAROIT, G. **Em expansão, o mercado de sorvetes enfrenta desafios**. 2014. Jornal do comércio. Disponível em: <<https://www.jornaldocomercio.com/site/noticia.php?codn=183074>>. Acesso : 06 mar, 2018.
- FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS. **Produção mundial de mandioca**, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/>>. Acesso: 01 mar, 2018.
- FERNANDEZ, L. C. **Desenvolvimento de sorvetes probióticos à base de extrato solúvel de soja**. 2015, 86p. Dissertação (Mestrado) curso de Microbiologia Aplicada. Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

FERNANDES, D. D. S. **Maltodextrin addition and cassava bran in ice cream formulation**. 2016, 99p. Dissertação (Mestrado) Curso de Agronomia/Energia na Agricultura. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Probióticos, prebióticos e sibióticos**, São Paulo, SP: Editora Insumos *Ltda*, v. 17, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION. Evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. Córdoba, 2001.

FREITAS, W. C. **Aspectos higiênico-sanitários, físico-químicos e microbiota láctica de leite cru, queijo de coalho e soro de leite, produzidos no Estado da Paraíba**. João Pessoa, 2011, 89p. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba. 2011.

GRICE, H. C.; GOLDSMITH, L. A. Sucralose: an overview of the toxicity data. **Food and Chemical Toxicology**, v. 38, n. 2, p. 1-6, 2000.

HUFFMAN, L. M. Processing whey protein for use as a food ingredient. **Food Technology**, v.50, p.49-52, 1996.

JAYAPRAKASHA, H.; BRUECKNER, H. Whey protein concentrate: a potential functional ingredient for food industry. **Journal Food Science Technology**. v.36, n.3, p.189- 204, 1999.

KONGO, J. M.; GOMES, A. M.; MALCATA, F. X. Manufacturing of fermented goat milk with a mixed starter culture of *Bifidobacterium animalis* and *Lactobacillus acidophilus* in a controlled bioreactor. **Lett. Appl. Microbiol.**, v.42, p.595-599, 2006.

LEE, Y. K.; NOMOTO, K.; SALMINEN, S.; GORBACH, S.L. Handbook of probiotics. New York: John Wiley & Sons, Inc., 211p. 1999.

MAGALHÃES, P. J.; BROIETTI, F. C. D. Gestão de Qualidade na Elaboração de Sorvetes. UNOPAR, **Cient. Exatas Tecnol.**, Londrina, v. 9, n. 1, p. 53-60, nov. 2010.

MANZANARES, W.; ALONSO, M.; BIESTRO, A. Probióticos, Prebióticos y simbióticos en pacientes críticos. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**. V. 21, p. 155-162, 2006.

MAZOCHI, V.; MATOS JÚNIOR, F. E.; VAL, C. H.; DINIZ, D. N.; RESENDE, A. F.; NICOLI, J. R.; SILVA, A. M. Iogurte probiótico produzido com leite de cabra suplementado com *Bifidobacterium* spp. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 62(6), 1484-1490, 2010.

MENDONÇA, C. R. B.; ZAMBIAZI, R. C.; GULARTE, M. A.; GRANADA, G. G. Características sensoriais de compotas de pêssego *light* elaboradas com sucralose e acesulfame-K. **Ciência e Tecnologia de Alimentos [online]**, vol. 25, n.3, pp.401-407, 2005.

OLIVEIRA, C. P. e SILVA, J. A. LEITE FERMENTADO PROBIÓTICO E SUAS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.3, p. 25 -31 julho / setembro de 2011.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, v. 1, P. 294, 2005.

PARSONS, J. G.; DYBING, S. T.; CODER, D. S. Acceptability of ice cream made with processed wheys and sodium caseinate. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.11, p.2880-2885, 1985.

REITZ, T. C. **Desenvolvimento e avaliação de sobremesa aerada de soro de leite sabor mirtilo**. 2015, 55p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão. 2015.

SALOMÃO, J; WALTER, E.H.M; CARDOSO, L.C.D; BARROS, E.B.P; LEITE, S.G.F. Elaboração de sorvete de morango com características probióticas e prebióticas. **Magistra, Cruz das Almas**, v. 25, 2013. Edição especial. Edição dos anais do III Congresso Brasileiro de Processamento de Frutas e Hortaliças, Ilhéus, set. 2013.

SANTOS, G. G. **Características físicas, químicas e aceitabilidade de sorvete com mangaba e reduzido teor energético**, 2008, 72p. Dissertação (Mestrado), Curso Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

SANTOS, R. B; BARBOSA, L. P. J. L; BARBOSA, F. H. F. Probióticos: microrganismos funcionais. **Ciência Equatorial**, Amapá, v. 1, n. 2, p. 26-38, 2011.

SCHLABITZ, C. **"Aplicação de soro de ricota na elaboração de bebida láctea fermentada funcional"**. 2014, 145p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Biotecnologia na Produção Industrial de Alimentos, Centro Universitário Univates. Lajeado. 2014.

SILVA, E.; SILVA, L. C. B.; MONTE, L. G. C. **Qualidade e segurança do sorvete artesanal**. 2012, 90p. TCC (Graduação) - Curso de Química, Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Lins, SP. 2012.

SILVA, W. A. **Elaboração de sorvetes com redução de gordura à base de soro de leite**. 2016, 56p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Sistemas Agroindustriais, Linha de Pesquisa: Produção e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Campina Grande, PB, 2016.

SIRÓ, I; KÁPOLNA, E.; KÁLPONA, B.; LUGASI, A. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance. **Appetite**, v. 51, p. 456-467, 2008.

SOUZA, J. C. B.; GUERGOLETTTO, K. B.; GARCIA, S.; SIVIERI, K. Viabilidade da adição de *Lactobacillus casei* (LC-1) protegido com trealose e goma acácia em sorvetes. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 231-237, abr./jun. 2011.

SHAH, N. P.; LANKAPUTHRA, W. E. V. Improving viability of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium spp*. In yogurt. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v.7, p.349-356, 1997.

TEIXEIRA, L. V.; FONSECA, L. M.; MENEZES, L. D. M. Avaliação da qualidade microbiológica dos soros de queijos minas padrão e mozzarella, produzidos em quatro regiões do estado de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, v.59, n.1, p.264-267, 2007.

TIRUMALESHA, A.; JAYAPRAKASHA, H. M. Effect of admixture of spray dried whey protein concentrate and butter milk powder on physico-chemical and sensory characteristics of ice cream. **Journal of Dairy Science**, v.51, n.1, p.13-19, 1998.

THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v 26, p.589-595, 2006.

VOORBERGEN, M.; ZWANENBERG, A. Whey-ing the future. **Dairy Industries International**, v.67, n.1, p.25-28, 2002.

CAPÍTULO 07

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DE PEIXES CONGELADOS COMERCIALIZADOS EM SUPERMERCADOS DA SEDE DO MUNICÍPIO DE CRUZ DAS ALMAS, BAHIA.

Norma Suely Evangelista-Barreto

Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco

Instituição: Docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Endereço: Campus Universitário de Cruz das Almas, S/N, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

E-mail: nsevangelista@ufrb.edu.br

Jailza Cruz Fernandes

Engenheira de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Instituição: Docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Endereço: Campus Universitário de Cruz das Almas, S/N, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

E-mail: jailzafernandes@yahoo.com.br

Marcelo Carneiro de Freitas

Doutor em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará

Instituição: Docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Endereço: Campus Universitário de Cruz das Almas, S/N, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

E-mail: marcfreitas@ufrb.edu.br

Ítalo da Silva Santana

Graduando em Agronomia

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Endereço: Campus Universitário de Cruz das Almas, S/N, Cruz das Almas, BA, Brasil

E-mail: brucefoxhound1@hotmail.com

RESUMO: O pescado é um alimento que se destaca nutricionalmente quanto à quantidade e qualidade de suas proteínas, presença de vitaminas, minerais e principalmente fonte de ácidos graxos essenciais como do tipo ômega-3 e ômega 6. Apesar desses benefícios, o pescado é um alimento altamente suscetível aos processos de deterioração, provenientes de microrganismos provenientes do próprio habitat, de sua microbiota intestinal e/ou por falhas higiênicossanitárias durante o processamento, estocagem e/ou comercialização. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade microbiológica e físico-química de peixes congelados em supermercados na sede do município de Cruz das Almas, Bahia. Foram realizadas 12 coletas de peixes (sardinha, merluza e corvina) em seis supermercados e realizados testes microbiológicos e físico-químicos. As amostras de peixes apresentaram contagens acima de 10^6 UFC para bactérias psicrófilas cultiváveis em 33% dos estabelecimentos, e presença de *Salmonella* spp. e *P. aeruginosa* em 50% e 83% dos estabelecimentos, respectivamente. A temperatura interna dos peixes variou de -15 °C a -1 °C, e o pH de 5,9 a 7,5, com positividade para amônia (86%) e gás sulfídrico

(77,8%). Os peixes congelados comercializados em Cruz das Almas apresentam contaminação por *Salmonella* spp. e amostras com valores de pH, teste de gás sulfídrico e amônia em desacordo com os padrões legais de conformidade.

PALAVRAS-CHAVE: Comercialização; psicrotróficos; *Salmonella*.

ABSTRACT: Fish is a food that stands out nutritionally in terms of the quantity and quality of its proteins, the presence of vitamins, minerals and mainly a source of essential fatty acids such as omega-3 and omega 6. Despite these benefits, fish is a highly susceptible to deterioration processes, from microorganisms from the habitat itself, from its intestinal microbiota and / or from hygienic-sanitary failures during processing, storage and/or commercialization. This study aimed to evaluate the microbiological and physical-chemical quality of frozen fish in supermarkets at the headquarters of the municipality of Cruz das Almas, Bahia. Twelve samples of fish (sardines, hake and croaker) was collected in six supermarkets and microbiological and physical-chemical tests were carried out. The fish samples showed counts above 10^6 CFU for cultivable psychrotrophic bacteria in 33% of the establishments, and the presence of *Salmonella* spp. and *P. aeruginosa* in 50% and 83% of establishments, respectively. The internal temperature of the fish varied from -15 °C to -1 °C, and the pH from 5.9 to 7.5, with positivity for ammonia (86%) and hydrogen sulphide (77.8%). Frozen fish sold in Cruz das Almas are contaminated by *Salmonella* spp. and samples with pH values, hydrogen sulphide test and ammonia that don't comply with legal compliance standards.

KEYWORDS: Commercialization; psychrotrophic; *Salmonella*.

1. INTRODUÇÃO

O pescado é uma importante fonte de alimento para o homem, por conter proteínas de alto valor biológico e níveis elevados de ômega-3 que atuam no organismo diminuindo os triglicerídeos e o colesterol do sangue, prevenindo doenças cardiovasculares. Além disso, o pescado é fonte de minerais e vitaminas, se destacando dos demais alimentos cárneos, por sua elevada digestibilidade (SOARES et al., 2011). Apesar desses benefícios, o pescado é um alimento altamente suscetível aos processos de deterioração, devido à ação de enzimas autolíticas, baixa acidez da carne e processos de rancidez devido à insaturação de seus lipídeos (ALMEIDA et al., 2006).

As condições inadequadas de captura, manipulação, armazenamento, conservação e transporte são fatores que também contribuem para a deterioração do pescado e a perda de qualidade (SOARES et al., 2011). Devido a isso, é importante conservar o pescado em condições higiênicas anitárias adequadas, bem como em temperaturas de congelamento a -18 °C, a fim de que se mantenha a qualidade sensorial e microbiológica do alimento por um período de tempo maior (AGNESE; OLIVEIRA; SILVA, 2001).

O uso de baixas temperaturas na conservação dos alimentos se baseia no fato de que o crescimento microbiano é retardado em temperaturas acima do congelamento e inibido em temperaturas abaixo do congelamento. A razão para isso é que todas as reações metabólicas dos microrganismos são catalisadas por enzimas e a taxa de catálise é dependente da temperatura (JAY, 2005).

O monitoramento de microrganismos indicadores como as bactérias psicrotróficas cultiváveis (BPC) e *P. aeruginosa* é importante a fim de evitar que o alimento atue como veículo na disseminação de agentes deteriorantes e patogênicos como *Salmonella* spp., tendo em vista que a Organização Mundial de Saúde (OMS) afirma que as doenças veiculadas por alimentos (DVA) são consideradas um grave problema de saúde pública em todo o mundo (BRASIL, 2018).

As bactérias do gênero *Pseudomonas* são importantes na deterioração de alimentos e predominantes em peixes estocados a temperatura de refrigeração a -4 °C. De caráter psicrotrófico, são capazes de metabolizar a maioria dos aminoácidos presentes no pescado e produzir compostos sulfurados que atribui ao alimento sabor e odor característico (ALCANTARA et al., 2012). Para averiguar a qualidade do pescado comercializado, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade

microbiológica e as características físico-químicas de espécies de peixes congelados e comercializados em supermercados da sede do município de Cruz das Almas, Bahia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do trabalho foram selecionados seis supermercados da sede do município de Cruz das Almas, que foram identificados por letras (A, B, C, D, E e F) para manter o sigilo dos estabelecimentos. Foram selecionadas três espécies de peixes de comercialização comum nestes supermercados, como a sardinha (*Sardinella brasiliensis*), a merluza (*Merluccius hubbsi*) e a corvina (*Micropogonias furnieri*). No período de setembro de 2014 a setembro de 2015 foram realizadas duas amostragens, em cada estabelecimento, totalizando 36 amostras de peixes congelados. Os peixes foram acondicionados em sacos plásticos de primeiro uso, armazenados em caixa isotérmica e encaminhados para análise no Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Ambiental do Núcleo de Pesquisa em Pesca e Aquicultura da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Para as análises microbiológicas foram utilizados os bioindicadores deteriorantes bactérias psicrotóficas cultiváveis (BPC) e *P. aeruginosa*, e o patógeno *Salmonella* spp. Para cada amostra foram realizadas diluições decimais de 10^{-1} a 10^{-4} . Para a contagem de BPC um inóculo de 0,1 mL da amostra foi adicionado em placas de *Plate Count Agar* (PCA) com o auxílio de uma alça de *Drigalsk* para o espalhamento em superfície. As placas foram invertidas e incubadas a 17 °C por 16 h e posteriormente a 7 °C por 3 dias. Após esse período foram selecionadas as placas que continham colônias de 25 a 250 e o resultado expresso em Unidades Formadoras de Colônias por grama (UFC.g⁻¹).

Para a análise de *Pseudomonas*, 0,1 mL da amostra foi adicionada em placas contendo o meio *Agar Pseudomonas Aeromonas* selective (GSP) e incubadas a 25 °C por 48 h. As placas que continham colônias características de *Pseudomonas*, ou seja, colônias de cor vermelha ou violeta foram selecionadas, transferidas para tubos de ensaio contendo o meio agar Tripton de Soja (TSA) com incubação a 25 °C por 24 h e posteriormente submetidas aos testes bioquímicos de oxidase e fermentação de glicose. Para o isolamento de *Salmonella* foi realizado pré-enriquecimento, enriquecimento seletivo (Tetracionato e Rappaport Vassilidis), isolamento nos meios seletivos *Agar Salmonella Shigella* (SS) e *Ágar Sulfito de Bismuto* (BS) e identificação

bioquímica (TSI, LIA, malonato, citrato, ureia e indol). Todos os testes seguiram o Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água (SILVA et al., 2010).

Para as análises físico-químicas foram realizados testes de temperatura da musculatura interna dos peixes no momento da compra com uso de termômetro digital tipo espeto (Figura 1A). As medições de pH, prova de Éber para gás sulfídrico (Figura 1B) e amônia foram realizadas em laboratório e seguiram a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Figura 1: Medição da temperatura das amostras de peixe (A) e teste de Éber para gás sulfídrico (B).



Fonte: Os autores.

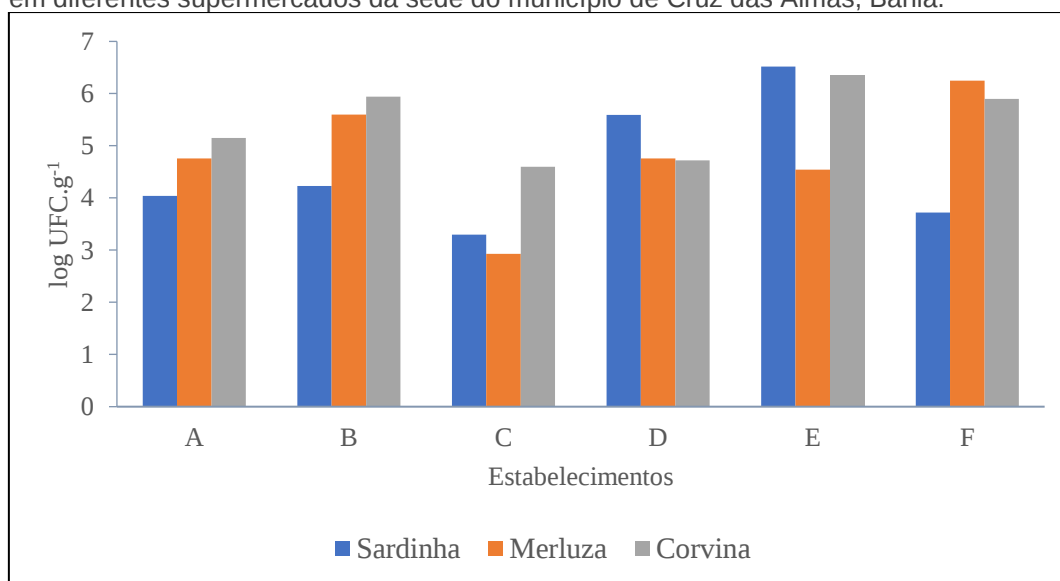
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as amostras dos estabelecimentos A, B, C e D a quantificação de BPC estavam dentro do padrão estabelecido pela ICMSF (1998), que estabelece limite máximo de $\log 6,0 \text{ UFC.g}^{-1}$. As maiores contagens observadas para BPC foram encontradas nas amostras de sardinha e corvina no estabelecimento E, seguida das amostras de merluza e corvina, no estabelecimento F (Figura 2). Este fato demonstra a baixa qualidade microbiológica do pescado comercializado, pois os peixes não eram embalados, sendo dispersos no freezer, em contato direto com os consumidores, além disso, a higienização do freezer não se encontrava adequada (Figuras 3). Resultados semelhantes foram relatados por Soares et al. (2011) ao encontrarem elevadas contagens de microrganismos psicrófilos em filés de peixes congelados comercializados em Botucatu, SP.

Do total de amostras analisadas para BPC, 06 (17%) se encontravam em desacordo com a ICMSF (1998). Elevadas contagens desse grupo de bactérias contribuem para a redução do prazo de validade do alimento, em virtude de suas características proteolíticas e lipolíticas, pois as bactérias utilizam a carne dos peixes como substrato para atividades metabólicas, produzindo substâncias que conferem aroma e sabor desagradáveis ao alimento (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Dos supermercados estudados, os estabelecimentos C e D visam consumidores de maior poder aquisitivo, com funcionários que atendem as Boas Práticas de Manipulação, ao fazerem uso de vestimentas adequadas, portarem luvas, proteção para os cabelos e máscaras. Além disso, nestes estabelecimentos todos os peixes são comercializados em embalagens fechadas, em ilhas de congelamento destinadas apenas ao pescado.

Figura 2: Contagem média de bactérias psicrotróficas cultiváveis em amostras de peixes congelados em diferentes supermercados da sede do município de Cruz das Almas, Bahia.



----- Limite na legislação log 7 UFC g⁻¹ (ICMSF, 1998).

Fonte: Os autores.

Figura 3: Comercialização dos peixes expostos a venda no estabelecimento E.



Fonte: Os autores.

A presença de *Salmonella* spp. nos peixes em 50% dos estabelecimentos (Tabela 1) pode estar associada às condições inadequadas de higiene e conservação dos produtos nos estabelecimentos, pois se encontravam fora das embalagens, em embalagens rasgadas, próximos a outros alimentos, promovendo contaminação cruzada e em temperaturas elevadas que favorece o desenvolvimento de microrganismos patogênicos e deterioradores do pescado.

Tabela 1: Distribuição da presença e ausência para *Salmonella* spp. e *Pseudomonas aeruginosa* em amostras de peixes congelados em diferentes estabelecimentos da sede do município de Cruz das Almas, Bahia.

Estabelecimentos	<i>Salmonella</i> spp.			<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
	Sardinha	Corvina	Merluza	Sardinha	Corvina	Merluza
A	A	A	P	P	P	P
B	A	A	A	A	A	P
C	A	A	A	P	P	P
D	A	A	A	A	A	A
E	P	P	A	P	P	P
F	A	P	P	A	A	P

A = ausência. P = presença.

Fonte: Os autores.

Conforme a Instrução Normativa nº 21, de 31 de maio de 2017 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA, as amostras de peixes congelados devem ser ausentes de *Salmonella* e sua presença, como detectada nas amostras, é um fator de risco para a saúde humana (BRASIL, 2017). *Salmonella* é uma bactéria que consegue sobreviver em baixas temperaturas, embora haja queda em seu número populacional, a mesma pode se manter viável por semanas em temperatura de congelamento (ESCARTÍN et al., 2000). Estes resultados corroboram com os achados de Santos et al. (2008) ao relatarem amostras de peixes congelados provenientes de dois distribuidores da região Metropolitana de Belo Horizonte – MG, apresentando *Salmonella* spp. em 10% das amostras.

Em relação à presença de *Pseudomonas*, cinco dos estabelecimentos apresentaram contaminação por esta bactéria em 11 amostras (30,56%) (Tabela 1). O elevado percentual de isolamento de *Pseudomonas* nas amostras de peixes pode estar associado ao seu crescimento em baixas temperaturas e em alimentos com elevado percentual de água e rico em proteínas, como o pescado, favorecendo o seu desenvolvimento. A legislação brasileira não estabelece limite para *Pseudomonas* em alimentos, porém sua detecção é importante por ser um dos principais microrganismos responsáveis pelo processo de deterioração, sendo classificada como patógeno oportunista. A baixa qualidade microbiológica do pescado estar relacionado as deficiências na qualidade de armazenamento ao longo da cadeia produtiva, agravada pelas condições inadequadas nas instalações dos supermercados, aliada a manipulação de consumidores na comercialização.

A temperatura é um fator essencial na conservação dos peixes congelados. A temperatura média dos peixes comercializados nos supermercados variou de $-15,0 \pm 0,0$ °C na sardinha do estabelecimento C a $-1,0 \pm 0,0$ °C na sardinha no estabelecimento A (Tabela 2), estando em desacordo com o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA, que estabelece temperatura para peixes congelados não superior a -18 °C (BRASIL, 2017). No estabelecimento A, se observou uma variação de temperatura mais alta em relação aos demais estabelecimentos, estando entre -1 °C a -2 °C. No estabelecimento F a temperatura média se manteve ao redor de -8 °C, com a merluza apresentando menor variação de temperatura do que as amostras de corvina e sardinha. Nos demais estabelecimentos houve variação da temperatura, em especial

no estabelecimento E (Tabela 2), demonstrando que os refrigeradores estão sendo desligados durante o período noturno.

Tabela 2: Média dos valores de temperatura e pH da musculatura interna de peixes congelados em diferentes estabelecimentos da sede do município de Cruz das Almas, Bahia.

Estabelecimentos	Temperatura		
	Sardinha	Corvina	Merluza
A	-1,5 ± 0,70	-2,0 ± 1,41	-1,0 ± 0,0
B	-2,0 ± 0,70	-1,5 ± 0,70	-4,5 ± 0,70
C	-15,0 ± 0,0	-13,5 ± 2,12	-9,0 ± 8,4
D	-3,5 ± 2,12	-3,5 ± 0,70	-4,5 ± 0,70
E	-4,5 ± 4,94	-5,0 ± 4,24	-10,5 ± 10,6
F	-8,5 ± 7,77	-8,0 ± 7,07	-8,0 ± 5,65
Estabelecimentos	pH		
	Sardinha	Corvina	Merluza
A	6,30 ± 0,07	6,82 ± 0,59	7,00 ± 0,68
B	5,90 ± 0,21	6,20 ± 0,10	6,10 ± 0,07
C	6,40 ± 0,14	6,30 ± 0,21	6,50 ± 0,07
D	6,70 ± 0,56	6,50 ± 0,14	6,90 ± 0,77
E	7,15 ± 0,91	7,50 ± 0,14	7,50 ± 0,56
F	6,30 ± 0,14	6,30 ± 0,28	6,80 ± 0,70

Fonte: Os autores.

A conservação do pescado em baixas temperaturas é importante para a obtenção de um produto final de qualidade, uma vez que estas temperaturas retardam reações químicas e bioquímicas, além de aumentar a vida útil do produto (ARAÚJO et al., 2010).

De acordo com a Tabela 2, 03 (16,2%) amostras apresentaram pH acima do limite preconizado pelo RIISPOA (pH de 7,0) ou pH de 7,20 para a família Merluccidae (BRASIL, 2017). Em 100% das amostras do estabelecimento E se observou valores de pH variando de 7,15 a 7,50, correspondendo também a alta contagem de BPC neste estabelecimento (Tabela 2). Não conformidade do pH em amostras de peixes

congelados também foram observadas por Farias e Freitas (2011) em indústrias processadoras de pescado no Pará, Brasil.

Os parâmetros amônia e gás sulfídrico são indicadores de estágios iniciais de deterioração das proteínas. Do total de amostras analisadas, 86% apresentaram positividade para amônia (NH₃), e 77,8% para gás sulfídrico (Tabela 3), sugerindo a degradação de aminoácidos sulfurados no músculo dos peixes em virtude de falhas na cadeia de frio (RODRIGUES et al., 2012). Resultados semelhantes foram citados por Souza et al. (2013) ao analisarem peixes congelados provenientes de supermercados, ao relatarem que 70,8% das amostras foram positivas para gás sulfídrico e 40,3% para amônia, estando em desacordo com recomendações técnicas.

Tabela 3: Determinação do teste de amônia e gás sulfídrico em peixes congelados comercializados em diferentes supermercados da sede do município de Cruz das Almas, Bahia.

Amônia									
Estabelecimentos	Sardinha			Corvina			Merluza		
	1°	2°		1°	2°		1°	2°	
A	+	+	100%	+	+	100%	+	+	100%
B	-	+	50%	+	+	100%	+	+	100%
C	+	+	100%	-	+	50%	-	+	50%
D	+	-	50%	+	+	100%	+	+	100%
E	-	+	50%	+	+	100%	+	+	100%
F	+	+	100%	+	+	100%	+	+	100%
Gás sulfídrico									
A	+	+	100%	+	-	50%	+	+	100%
B	-	+	50%	-	+	50%	-	+	50%
C	+	-	50%	+	-	50%	+	-	50%
D	+	-	50%	+	+	100%	+	+	100%
E	+	+	100%	+	+	100%	+	+	100%
F	+	+	100%	+	+	100%	+	+	100%

+ positivo/ - negativo. 1° e 2° coletas.

Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÃO

As espécies de peixes congelados analisadas nos supermercados da sede do município de Cruz das Almas apresentaram deficiências nos parâmetros microbiológicos e físico-químicos, inferindo que os peixes podem estar sendo contaminados por fatores externos, possivelmente relacionados ao transporte, características do armazenamento na câmara frigorífica e nos freezers dos supermercados, ocorrendo o descongelamento dos peixes, criando condições satisfatórias para a proliferação de bactérias deterioradoras. Diante destes aspectos sugere-se que os supermercados possam estocar adequadamente seus produtos tanto nas câmaras frigoríficas quanto nos freezers do salão do supermercado, em locais limpos e higienizados, mantendo-os em temperatura constante a -18°C , devidamente embalados, evitando contaminação cruzada, de modo a comercialização de um produto de melhor qualidade para o consumidor local.

REFERÊNCIAS

- AGNESE, A. P.; OLIVEIRA, V. M.; SILVA, P. P. O. Contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e enumeração de coliformes totais e fecais, em peixes frescos comercializados no município de Seropédica – RJ. **Revista de Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 15, n. 88, p. 6770, 2001.
- ALCANTARA, M.; MORAIS, I. C. L.; CUNHA, C. M. O.; SOUZA, C. Principais microrganismos envolvidos na deterioração das características sensoriais de derivados cárneos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Fortaleza, v. 6, n.1, p. 1-18, 2012.
- ALMEIDA, N. M.; BATISTA, G. M.; KODAIRA, M.; LESSI, E. Alterações *post-mortem* em tambaqui (*Colossoma macropomum*) conservados em gelo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p.1288-1293, 2006.
- ARAÚJO, D. A. F. V.; SOARES, K. M. P.; GÓIS, V. A. Características gerais, processos de deterioração e conservação do pescado. **PUBVET**, Londrina, v. 4, n. 9, art. 771, 2010.
- BRASIL. Regulamento técnico que fixa a identidade e as características de qualidade que deve apresentar o peixe congelado. Instrução Normativa nº 21 de 31 de maio de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 8 de jun. 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde - MS. **Surtos de Doenças transmitidas por alimentos no Brasil - junho de 2018**. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/julho/02/Apresentacao-Surtos-DTA-Junho-2018.pdf>. Acesso em: 29 set. 2019.
- ESCARTIN, E. F.; LOZANO, J. S.; GARCIA, O. R. Quantitative survival of native salmonella serovars during storage of frozen raw pork. **International Journal of Food Microbiology**, v. 54, n. 1-2, p. 19-25, 2000.
- FARIAS, M. C; FREITAS J. A. Avaliação sensorial e físico-química de pescado processado. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.2, n 70, p. 175-179, 2011.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 182p.
- ICMSF - International Commission on Microbiological Specification for Foods. **Microorganisms in foods and microbial ecology of food commodities**. Blackie 379 New York: Academic and Professional. 1998.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Zenebon, O.; Pascuet, N. S.; Tiglea, P. (coord.). 4ª ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.
- JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711p.
- RODRIGUES, B. L.; SANTOS, L. R.; MARSICO, E. T.; CAMARINHA, C. C.; MANO, S. B.; CONDE JUNIOR, C. A. Qualidade físico-química do pescado utilizado na elaboração de sushis e sashimis de atum e salmão comercializados no município do Rio de Janeiro, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, n. 33 v. 5, p. 1847-1854, 2012.
- SANTOS, T. M.; MARTINS, R. T.; SANTOS, W. L. M.; MARTINS, N. E. Inspeção visual e avaliações bacteriológica e físico-química da carne de piramutaba (*Brachyplatistoma*

vaillantii) congelada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 6, p. 1538-1545, 2008.

ESCARTÍN, E. F.; LOZANO, J. S.; GARCÍA, O. R. Quantitative survival of native *Salmonella* serovars during storage of frozen raw pork. **International Journal of Food Microbiology**, v. 54, n. 1, p. 19-25, 2000.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4 ed. Ed. Varela: São Paulo. 2010. 552p.

SOARES, V. M.; PEREIRA, J. G.; IZIDORO, T. B.; MARTINS, O. A.; PINTO, J. P. A. N.; BIONDI, G. F. Qualidade microbiológica de filés de peixe congelados distribuídos na cidade de Botucatu - SP. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 85-8, 2011.

SOUZA, M. M. M.; FURTUNATO, D. M. N.; CARDOSO, R. C. V.; ARGOLO, S. V.; SILVA, I. R. C.; SANTOS, L. F. P. Avaliação do frescor do pescado congelado comercializado no mercado municipal de São Francisco do Conde-BA. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 359-368, 2013.

CAPÍTULO 08

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SUBSTRATOS E ADUBAÇÕES ORGÂNICAS SOB A PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇUCAR.

Haroldo Wilson da Silva

Mestrando em Ciencia e Tecnologia Animal pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho

Instituição: Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho

Endereço: R. Terezina, 174 – Vila Paulo Roberto, Presidente Prudente

E-mail: haroldowsilva@gmail.com

Luis Eduardo Vieira Pinto

Doutor em Agronomia – Produção Vegetal, pela Unoeste – Universidade do Oeste Paulista

Instituição: Etec – Escola Prof. Dr. Antônio Eufrásio de Toledo

Endereço: Rua Gino Piron, 289, Jardim Vale do Sol, Presidente Prudente – SP, 19.063-700

E-mail: coordenacaovrpp@gmail.com

Thadeu Henrique Novais Spósito

Doutor em Agronomia – Sistema de Produção pela Unesp – Universidade Estadual Júlio de

Mesquita Filho

Instituição: Etec – Escola Prof. Dr. Antônio Eufrásio de Toledo

Endereço: Rd. Raposo Tavares S/N – Km 561, Pontilhão, Presidente Prudente - SP

E-mail: thadeusposito@agronomo.eng.br

Arleto Tenório dos Santos

Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho

Instituição: Etec – Escola Prof. Dr. Antônio Eufrásio de Toledo

Endereço: Rua Izabel Artero, 182, Bairro Residencial Anita Tiezzi, Presidente Prudente – SP

E-mail: arletotenorio@yahoo.com.br

Angela Madalena Marchizelli Godinho

Doutora em Agronomia – Produção Vegetal

Instituição: Fatec – Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente

Endereço: R. Pedro de Toledo, 360 – Jardim Bela Dária, Presidente Prudente – SP

E-mail: angela.godinho@fatec.sp.gov.br

Eudes Barros de Araújo

Graduando em Tecnologia da Produção Agropecuária, pela Fatec – Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente

Instituição: Faculdade de Tecnologia de São Paulo

Endereço: Av. Juscelino Kubitschek, 105, Jardim Jequitibá, 19,065-300

E-mail: eaeudes2@gmail.com

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes substratos e adubações orgânicas de cobertura sob a produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. Foram instalados dois experimentos, sendo que no primeiro adotou-se cinco tratamentos: T1 – Testemunha; T2 – Torta de mamona; T3 – Compostagem de borra de café com biomassa de milho + esterco de aves ; T4 – Compostagem de borra de café com biomassa sorgo + esterco de aves e T5 – Compostagem de borra de café com biomassa de sorgo + esterco bovino. No segundo experimento adotou-se três tratamentos: T1 – Testemunha; T2 – Substrato Pinus e T3 – Substrato Carolina. O delineamento experimental utilizado nos dois experimentos foram inteiramente casualizado organizado com a distribuição dos toletes de maneira aleatória nos saquinhos para mudas com quatro repetições por tratamentos em ambos experimentos. Verificou-se a existência de correlações altamente significativa entre a variáveis altura e perfilhos, no entanto, o tratamento testemunha apresentou média superior na variável raiz deferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Por sua vez, o tratamento três com substrato Carolina apresentou melhor médias para altura e perfilhos. Quanto a adubação orgânica no tratamento três foi mais efetiva em promover maior média em altura. Conclui-se que o tratamento T1 obteve o melhor resultado na média de raiz, enquanto, o tratamento T2 obteve melhores médias em altura e perfilhos. Por sua vez, a adubação orgânica mostrou-se efetiva no tratamento três, deferindo estatisticamente em altura dos demais tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Alimentação volumosa. Forrageira. Produção vegetal.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of different substrates and organic coating fertilizations under the production of pre-sprouted sugarcane seedlings. Two experiments were installed, and in the first five treatments were adopted: T1 - Control; T2 - Castor's pie; T3 - Composting coffee grounds with corn biomass + poultry manure; T4 - Composting coffee smudge with biomass sorgo + poultry manure and T5 - Composting of coffee slot with sorgo biomass + bovine manure. In the second experiment, three treatments were adopted: T1 - Control; T2 - Pinus substrate and T3 - Carolina Substrate. The experimental design used in both experiments was entirely randomized organized with the distribution of the toilets randomly in the bags for seedlings with four replications by treatments in both experiments. There was a highly significant correlation between height and tillers variables, however, the control treatment presented a higher mean in the root variable differing statistically from the other treatments. In turn, the three treatment with Carolina substrate presented better medias for height and tillers. Regarding organic fertilization in treatment three was more effective in promoting higher average height. It was concluded that the T1 treatment obtained the best result in the root mean, while the T2 treatment obtained better averages in height and tillers. For its part, organic fertilization proved to be effective in treatment three, statistically deferring at the height of the other treatments.

KEYWORDS: Bulky feeding. Forage. Plant production

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene com elevados índices produtivos de biomassa por área, que perfilha de maneira abundante e, desenvolve-se caracteristicamente em forma de touceira (moita), com formação de perfilho. A propagação da cana-de-açúcar é geralmente feita por intermédio de pedaços de colmos, chamado tolete, contendo uma ou mais gemas.

A cana-de-açúcar é utilizada para diversas finalidades, sendo a produção de açúcar e álcool a predominante na economia nacional, gerando emprego e renda na área rural. O Estado de São Paulo é o maior produtor, com aproximadamente 60% da produção brasileira (VIANA, *et al.*, 2012).

Landell *et al.* em 2012 através do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) desenvolveram um método inovador de multiplicação da cultura da cana-de-açúcar, as mudas pré-brotadas (MPBs). No lugar dos colmos como sementes, entram as mudas pré-brotadas, que são produzidas a partir de cortes de canas chamados minirrebolos, formados por uma única gema. O sistema MPB permite melhor controle na qualidade do vigor das plantas, resultando em canaviais de excelente padrão clonal e maior homogeneidade (LANDELL *et al.* 2013).

O sistema MPB reduz a quantidade de mudas de 10 para 2 t ha⁻¹ (MAWLA *et al.*, 2014) sendo extremamente dependente da reposição da necessidade hídrica para sincronização do perfilhamento e consequente uniformização do estande e reduz tempo de formação do canavial (LIBARDI *et al.*, 2017), 17 proporcionando ganhos de 18% na produtividade do canavial (MOHANTY *et al.*, 2015).

Atualmente, muitas áreas destinadas ao cultivo de cana-de-açúcar têm utilizado o sistema de produção de mudas pré-brotadas (MPBs) para a reforma e implantação dos canaviais. O sistema de Mudanças Pré-Brotadas também já é utilizado por usinas como São Martinho na região de Ribeirão Preto/SP, a Abengoa em Pirassununga/SP e Destilaria Nova União em Jandaia/GO (XAVIER *et al.*, 2014b).

Assim, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes substratos e adubações orgânicas de cobertura sob a produção de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento com a cana-de-açúcar cultivar IAC 862480 foi conduzido no setor experimental na Faculdade de Tecnologia de São Paulo nas dependências da FATEC de Presidente Prudente, localizada no extremo oeste do estado de São Paulo, na fronteira com os estados do Paraná e do Mato Grosso do Sul, situada nas coordenadas geográficas com latitude 22° 07' 04" S e longitude 51° 22' 57" W, com altitude de 472 metros acima do nível do mar e temperatura entre 15 °C a 32 °C, com média de 21,6 °C e uma pluviosidade média anual de 1207 mm.

O tamanho do tolete foi de 3 cm, viabilizando a utilização da gema individualizada nos saquinhos de mudas (Imagem 1).

Figura 1: Minirrebolos de cana-de-açúcar variedade IAC 862480



Fonte: Foto produzida pelos autores (2019)

Figura 2: Produção de Mudas Pré-brotada (MPB) de cana-de-açúcar



Fonte: Foto produzida pelos autores (2019)

Quanto à metodologia empregada, evidencia-se que se trata de uma pesquisa denominada experimental, utilizando-se de uma abordagem quantitativa, a qual foi realizada sob o formato quanto ao procedimento técnico de levantamento de dados.

O delineamento experimental utilizado nos dois experimentos foram inteiramente casualizado organizado com a distribuição dos toletes de maneira aleatória nos saquinhos para mudas.

Foram instalados dois experimentos, sendo que no primeiro adotou-se cinco tratamentos: T1 – Testemunha; T2 – Torta de mamona; T3 – Compostagem de borra de café com biomassa de milho + esterco de aves ; T4 – Compostagem de borra de café com biomassa sorgo + esterco de aves e T5 – Compostagem de borra de café com biomassa de sorgo + esterco bovino , com quatro repetições. No segundo experimento adotou-se três tratamentos: T1 – Testemunha; T2 – Substrato Pinus e T3 – Substrato Carolina, com quatro repetições.

As variáveis delimitadas nessa pesquisa foram: altura da planta, comprimento das raízes e perfilhamentos, submetidas à análise estatística no software SASM-Agri.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A brotação dos toletes iniciou aos 7 dias com ocorrência aos 10 dias após o plantio, com o desenvolvimento de raízes a partir das pontuações radiculares existentes na zona radicular do nó, formando as raízes do tolete ou de fixação.

Os custos para fins de produção de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar num período de dois meses estão contabilizados na Tabela 1 e 2.

Tabela 1: Custo total de produção de mudas Pré-Brotadas de cana-de-açúcar no 1º experimento

Item	Descrição	Qtd.	Valor unitário	Valor total
1	Terra orgânica (kg)	10	R\$ 2,00	R\$ 10,00
2	Substrato Carolina	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
3	(10kg)	1	R\$ 18,00	R\$ 18,00
4	Substrato Pinus (5kg)	20	R\$ 0,30	R\$ 6,00
	Saquinhos de mudas (Vol.1kg)			
Custo total de mudas				R\$ 54,00
Custo unitário de mudas				R\$ 2,70

Fonte: tabela produzida pelos autores (2019).

Tabela 2: Tabela 2. Custo total de produção de mudas Pré-Brotadas de cana-de-açúcar no 2 experimento

Item	Descrição	Qtd.	Valor unitário	Valor total
1	Terra orgânica (kg)	10	R\$ 1,00	R\$10,00
2	Esterco de aves (kg)	9	R\$ 6,00	R\$ 54,00
3	Esterco de curral (kg)	3	R\$ 2,00	R\$ 10,00
4	Torta de mamona (kg)	1	R\$ 1,56	R\$ 1,56
	Saquinhas de mudas (Vol.1kg)	20	R\$ 0,30	R\$ 6,00
Custo total de mudas				R\$ 81,60
Custo unitário de mudas				R\$ 4,08

Fonte: tabela produzida pelos autores (2019).

O custo decorrente de mão-de-obra para funcionamento de um projeto envolve o pagamento de um operador. Nesta estimativa não foi considerada remuneração de um trabalhador exclusivamente nessa atividade, bem como o custo com a irrigação faz parte do custo das instalações experimentais da Fatec Presidente Prudente e a biomassa verde utilizada na compostagem.

Em relação a produção de mudas pré-brotadas (MPB) em diferentes substratos, a propagação de espécies, seja por via vegetativa ou de sementes, o substrato tem importante papel para germinação e por seu desenvolvimento. Assim, as características físicas e químicas, custo e disponibilidade dos substratos devem ser associados à espécie plantada, a fim de garantir melhores resultados econômicos e produtivos (FONSECA, 2001).

Um bom substrato deve ter boa estrutura e consistência, porosidade adequada, boa capacidade de reter água, estar prontamente disponíveis e ter custos economicamente viáveis e facilidade no transporte. Além disso, devem ser isentos de substâncias tóxicas, serem isentos de doenças e livres de plantas invasoras (HARTMANN *et al.*, 2011); e, apresentar boa homogeneidade de partículas (CARNEIRO, 1995).

De acordo com Moraes (1996), a utilização de um substrato que promova rápido crescimento inicial das mudas é fundamental para melhorar a tecnologia de produção na fase de viveiro. As características dos substratos são muito variáveis, contudo, ele deve reunir características físicas e químicas que promovam a retenção de umidade e a disponibilidade de nutrientes, de modo que atendam às necessidades da muda (CUNHA *et al.*, 2016).

Com base na análise de variância, verificou-se a existência de correlações altamente significativa entre as variáveis altura e perfilhos, no entanto, o tratamento testemunha apresentou média superior na variável raiz deferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 1).

Tabela 3: Análise de variância em relação ao substrato

Tratamentos/substratos	Altura (cm) Média	Raiz (cm) Média	Perfilhos Média
T1- Testemunha	25,75 a	36,75 a	2,5 a
T2- Pinus	21,25 a	28 b	2,25 a
T3- Carolina	26,25 a	16 c	3,25 a
C.V.	12,23%	15,99%	44,19%

Fonte: tabela produzida pelos autores (2019)

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey, o nível de 1% de probabilidade.

Por sua vez, o tratamento três com substrato Carolina apresentou melhor médias para altura e perfilhos, entretanto, Abad (1991) afirma que não há um material ou mistura de matérias que sejam capazes de atender todas as exigências para crescimento e desenvolvimento das espécies, da mesma forma que não há substrato que seja recomendado a todas as culturas. Contudo, o substrato é um dos fatores que influencia significativamente no crescimento das mudas (KRATZ, 2011). Este interfere diretamente na arquitetura do sistema radicular e no estado nutricional das mudas, refletindo, por conseguinte a qualidade das plantas (CALDEIRA *et al.*, 2011).

Quanto a produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em diferentes adubações, percebe-se a influência dos substratos sobre a altura das mudas de cana-de-açúcar, com maior destaque para aquelas em substrato no T3. De acordo com Malavolta *et al.* (2002) quimicamente, a adubação orgânica é importante fonte de nutrientes, especialmente N, P, K e micronutrientes, sendo a única forma de armazenamento de N que não volatiliza e, ainda, responsável por 80% do fósforo total encontrado no solo. Pois, quimicamente, a matéria orgânica é a principal fonte de macro e micronutrientes, que são importantes no desenvolvimento e produção das plantas (Freitas, *et al.*, 2012).

Os valores médios das variáveis de altura, raiz e perfilhos de mudas de cana-de-açúcar em adubações orgânicas estão descritos na Tabela 2.

Tabela 4: Análise de variância em relação a adubação

Tratamentos Compostagens/adubos	Altura (cm) Média	Raiz (cm) Média	Perfilhos Média
T3- Borra de café com milho + esterco de galinha	31,5 a	20,25 a	2,25 a
T4- Borra de café com sorgo + esterco de galinha	29,75 ab	18,5 a	3,75 a
T5- Borra de café com sorgo+ esterco bovino	28,75 ab	18,25 a	2,75 a
T1- Testemunha	24,5 b	17,25 a	2,25 a
T2- Torta de mamona	24 b	20,5 a	2,5 a
C.V.	10,93%	26,99%	30,24%

Fonte: tabela produzida pelos autores (2019)

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey, o nível de 5% de probabilidade.

A adubação orgânica no tratamento três (compostagem de borra de café com biomassa de milho + esterco de galinha) foi mais efetiva em promover maior média em altura. De acordo com (SCHULZ *et al.*, 2014) o composto orgânico também apresentou efeitos positivos para altura de plantas de Aveia (*Avena sativa* L.), onde, de forma semelhante, foi observada uma relação direta da concentração do composto com a variável altura.

Para Rolas (1994), os nutrientes presentes no adubo orgânico também podem ser disponibilizados de forma imediata à planta, contribuindo para o seu desenvolvimento, uma vez que parte do N contido nesses materiais está na forma mineral, comportando-se semelhantemente ao N contido nos fertilizantes minerais, concordando com os resultados aqui encontrados.

De acordo Kiehl (2004) o processo de compostagem tem como principal função disponibilizar os nutrientes de forma estável e prontamente assimilável para as plantas (KIEHL, 2004). Além disso, segundo Malavolta *et al.*, (1997), a utilização de matéria orgânica no solo promove mudanças nas suas características físicas, químicas e biológicas, pois melhora a estrutura do solo, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes.

4. CONCLUSÕES

Os três substratos utilizados com base na análise de variância são recomendados para produção de mudas de pré-brotada de cana-de-açúcar, no entanto, verificou-se a existência de correlações altamente significativas, enquanto o tratamento testemunha obteve o melhor resultado na média de raiz, o tratamento com substrato Carolina obteve melhores médias em altura e perfilhos.

A adubação orgânica (compostagem de borra de café com biomassa de milho + esterco de galinha) mostrou-se efetiva no tratamento três, deferindo estatisticamente em altura dos demais tratamentos.

REFERÊNCIAS

ABAD, M. Los sustratos hortícolas y técnicas de ctgb nultivo sin suelo. In: **Rallo, L.; Nuez, F. La horticultura Española en la C.E.**, Réus: Horticultura S.L., p.271-280, 1991.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 15-22, 2011.

CARNEIRO, J. G. DE A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF, **Campos: UENF**, 1995. 451 p.

CUNHA, A. O. et al. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa - MG v.29, n.4, p.507-516, 2016.

HARTMANN, H. T. et al. Plant propagation: principles and practices. **8° ed. Boston:** Prentice-Hall, 915p, 2011.

FONSECA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação.** 2001. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

FREITAS, G. A. *et al.* Adubação orgânica no sulco de plantio e sua influência no desenvolvimento do sorgo. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Vol. 3, N. 1: pp. 61-67, February, 2012.

KIEHL, E.J. (2004) **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto.** 4. ed. Piracicaba: E. J. KIEL. 173 p.

LANDELL, M. G. de A. et al. Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. **2ª Ed. Campinas: IAC**, 16 p. 2013 (Documento IAC, 109).

KRATZ, D. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth. 2011. 121 f. **Dissertação** (mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LANDELL, M. G. de A, *et al.* **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas.** Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. 17p. (IAC. Documentos, 109).

LIBARDI, L. G. P., DE FARIA, R. T., DALRI, A. B., DE SOUZA ROLIM, G., & PALARETTI, L. F. Lisímetros de pesagem de precisão para medidas de evapotranspiração em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 2, 2017.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. Adubos e adubações. São Paulo: Nobel, 2002, 200p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2 Ed., Piracicaba: Potafos, 1997, 201p.

MAWLA, H. A.; HEMIDA, B.; MAHMOUD, W. A. Study on the mechanization of sugar cane transplanting. **International Journal of Engineering and Technical Research**, v. 2, n.8, 2014.

MOHANTY, M.; DAS, P. P.; NANDA, S.S. Introducing SSI (Sustainable Sugarcane Initiative) technology for enhanced cane production and economic returns in real farming situations under east coast climatic conditions of India. **Sugar Tech**, v. 17, n. 2, p. 116-120, 2015.

MORAIS, S. M. J.; ATAIDES, P. R. V.; GARCIA, D. C.; KURTZ, F. C.; OLIVEIRA, O. S.; WATZLAWICK, L. F. Uso do lodo de esgoto da Corsan – Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos. **Sanare** (SANEPAR), Curitiba, v.6, n.6, p.44-49, 1996.

SCHULZ, H.; DUNST, G.; GLASER, B. No Effect Level of Co-Composted Biochar on Plant Growth and Soil Properties in a Greenhouse Experiment. **Agronomy**, v. 4, p. 34–51, 2014.

VIEIRA, A. R.; FERREIRA, J. M.; RIBAS FILHO, S. B. Produção de cana-de-açúcar visando a sua utilização na alimentação de bovinos leite. Niterói: Programa Rio Rural, 2012.

XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. A.; TEIXEIRA, L. G.; RODRIGUES, P. A.; NASSIF, G. L.; OLIVEIRA JUNIOR, A. C.; MINE, K. Sistema de multiplicação MPB e integração com o setor sucroenergético. **O Agrônomo**, v. 64-66, p. 32-41, 2014b.

CAPÍTULO 09

ARDUINO UMA TECNOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA A TERMOMETRIA DE GRÃOS ARMAZENADOS.

Rafael de Almeida Schiavon

Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFPEl)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)
Endereço: Rodovia PR-482, km 45 Cidade Gaúcha - PR
E-mail:raschiavon@gmail.com

Íthalo Souza Nogueira

Graduando em Engenharia Agrícola (UEM)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)
Endereço: Rodovia PR-482, km 45 Cidade Gaúcha - PR
E-mail:ithalo_nogueira@outlook.com

Gabriel Batista Borges

Graduando em Engenharia Agrícola (UEM)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)
Endereço: Rodovia PR-482, km 45 Cidade Gaúcha - PR
E-mail:gabrielbatistaborges@outlook.com

Heron Scaparo de Holanda

Graduando em Engenharia Agrícola (UEM)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)
Endereço: Rodovia PR-482, km 45 Cidade Gaúcha - PR
E-mail:hescaparo@hotmail.com

Larissa Kathllen de Castro

Graduando em Engenharia Agrícola (UEM)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)
Endereço: Rodovia PR-482, km 45 Cidade Gaúcha - PR
E-mail:laricastro11@hotmail.com

RESUMO: A deterioração dos grãos armazenados em silos passa por diferentes processos podendo ser causado por fatores diversos dentre os quais podemos citar: metabolismo, fungos, insetos e outros organismos vivos, no entanto todos os fatores que ameaçam a perda de qualidade dos grãos, causam um aumento de temperatura. Assim, o registro constante da temperatura dos grãos pode impedir um processo de deterioração para uma ação rápida e necessário que o armazém esteja equipado com um sistema de termometria. Diante destes fatos tem-se por objetivo neste estudo desenvolver um sistema de termometria de baixo custo que possa ser de fácil utilização cobrindo esta lacuna de custo para os pequenos e médios produtores e

melhorando o controle da qualidade dos grãos de uma forma geral. Ao final do trabalho foi possível desenvolver um cabo capaz de reproduzir de forma adequada a temperatura interna do silo.

PALAVRAS-CHAVE: Termometria, Armazenamento e Arduino

ABSTRACT: The deterioration of grain stored in silos goes through different processes and may be caused by several factors, among which we can mention: metabolism, fungi, insects and other living organisms, however all factors that threaten the loss of grain quality cause an increase. of temperature. Thus, constant recording of the grain temperature can prevent a deterioration process for a quick and necessary action if the warehouse is equipped with a thermometry system. Given these facts, the objective of this study is to develop a low cost thermometry system that can be easy to use, covering this cost gap for small and medium producers and improving grain quality control in general. At the end of the work it was possible to develop a cable capable of adequately reproducing the internal temperature of the silo.

KEYWORDS: Thermometry, Storage and Arduino

1. INTRODUÇÃO

A produção de grãos é executada com extrema competência no Brasil, ultrapassando a faixa de 150 milhões de toneladas, sendo o mesmo o terceiro maior exportador agrícola. Tendo em vista a manutenção deste cenário positivo é importante que o desenvolvimento tecnológico do setor acompanhe o seu crescimento.

Em grãos armazenados o organismo mais importante é o próprio grão. Embora esteja em estágio de dormência, tem todas as propriedades de um organismo vivo. Um grande gargalo na produção de grãos está na quantidade e na qualidade dos armazéns, que sem uma manutenção correta do ambiente de forma que o mesmo fique propício para o armazenamento, é fácil prever a degradação do material ali armazenado devido ao ataque de pragas, tais como fungos e insetos. Mesmo um moderno armazém pode propiciar a deterioração dos grãos, se não houver um cuidado e controle adequado.

Num sistema ideal de armazenagem o grão e os microrganismos estão normalmente em estado de dormência; os insetos, ácaros, ratos estão ou deveriam estar ausentes. Ao contrário, o ambiente abiótico está sempre presente e é alterável. Ainda que lentamente, os níveis de temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa, CO₂ e O₂ sobem e descem. Uma variação anormal em qualquer um desses fatores pode criar condições favoráveis ao desenvolvimento e à multiplicação daqueles seres dormentes.

A taxa de deterioração depende da atividade das variáveis bióticas que, por seu turno, é afetada, principalmente, pela interação da temperatura e umidade. É baixa no início, porém, quando combinações favoráveis dessas variáveis são estabelecidas e o período de armazenagem é prolongado, podem ocorrer perdas significativas na qualidade dos produtos.

Conforme descrito por Athié et al. (1998), o comportamento dos grãos no sistema de armazenamento, assemelha-se a um ecossistema, em que os elementos bióticos (grãos, insetos e microflora) e abióticos (impurezas, ar intra-granular, vapor d'água e estrutura de armazenagem) são afetados, tanto química como biologicamente por fatores ambientais como: temperatura, umidade e composição do ar. Tais componentes são as variáveis do sistema e interagem continuamente entre si.

A deterioração do grão é, portanto, resultante da ação de microrganismos, insetos, ácaros, etc., que utilizam nutrientes presentes no grão para o seu crescimento

e reprodução. Pode ocorrer, também, devido ao aquecimento do grão, produzido pelo calor desprendido na respiração do próprio grão e microrganismos associados - quanto maior a umidade, maior o risco de deterioração.

Felizmente, todos os fatores que ameaçam a perda de qualidade dos grãos, causam um aumento de temperatura. Assim, o registro constante da temperatura dos grãos pode impedir um processo de deterioração.

A temperatura dos grãos armazenados também é um bom índice do seu estado de conservação. Toda variação brusca de temperatura deve ser encarada com bastante cautela, pesquisando-se o mais rápido possível sua causa e procurando saná-la através da aeração ou transilagem.

Na nova legislação de armazenagem do Brasil, LEI N° 9.973, DE 29 DE MAIO DE 2000, juntamente com a criação do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras na qual apontam os requisitos técnicos obrigatórios e recomendados para a certificação da unidade e um destes quesitos que é obrigatório para a unidade está o sistema de termometria para que a unidade possa controlar este e possa assim diminuir as perdas causadas pelo metabolismo ou mesmo o ataque de pragas ou outros fatores que possam estar levando a estas perdas (LORINI et al, 2002; ELIAS et al, 2010).

O armazenamento em silos ou em armazéns equipados com eficientes sistemas de termometria, aeração e/ou outros recursos para manutenção de qualidade dos grãos, são as formas mais empregadas por cooperativas, agroindústrias e grandes produtores. Se bem dimensionados e manejados corretamente, esses sistemas podem ser empregados também por médios e pequenos produtores.

A perda do valor nutritivo é diretamente proporcional aos processos respiratórios. Se a temperatura aumenta é sinal que aumentou a respiração. Essa é a essência do uso da termometria como medida de avaliação importante no manejo conservativo dos grãos.

Os sistemas de termometria devem possuir a capacidade de se monitorar diariamente a temperatura dos grãos de forma que quando a massa de grãos atingir elevação 4 a 5°C, deve ser acionada a ventilação forçada, até que a diferença seja reduzida para 1 a 2°C de maneira uniforme (BORGES, 2002).

Se a aeração tem por objetivo assegurar uma boa conservação do grão através do resfriamento e manutenção da temperatura em níveis adequados, a termometria é

o meio utilizado para medir está temperatura. Isto é feito através de uma rede de sensores dispostos estrategicamente na massa de grãos. Atualmente, dois tipos de sensores (termômetros) são mais comumente utilizados: o termopar e o termistor.

Estes sensores são na verdade transdutores, ou seja, sensores cuja variação de uma grandeza elétrica se dá de forma, aproximadamente, proporcional à variação de temperatura. O termopar gera uma diferença de potencial (ddp) quando existe uma diferença de temperatura entre duas junções enquanto que o termistor varia a resistência (ELIAS 2012).

Embora o termistor tenha uma precisão maior, grande parte das instalações armazenadoras que possuem termometria utilizam o termopar como sensor. Isto se deve principalmente ao fato da rede de sensores, neste tipo de aplicação, ser bastante grande que, em muitos casos, pode ultrapassar a casa de mil sensores. Já o termopar, além de ser robusto e de fácil fabricação, tem seu princípio de funcionamento baseado na força eletromotriz que surge devido à diferença de temperatura existente entre as junções e da consequente ddp dispensando, para aplicações em silos e graneleiros, a compensação para cada sensor (ELIAS 2012).

Outro fator importante a ser considerado é que um sensor tipo termistor ou termopar tem a capacidade de medir apenas variações de temperatura que alcancem o sensor, isto é, o sensor não possui raio de alcance. Desta forma, é de importância fundamental a distribuição de sensores na massa de grãos armazenados para que um eficiente controle seja executado. A colocação de sensores em pontos considerados críticos e o número de sensores utilizados devem ser adequados para que o manejo da aeração possa se dar de forma eficiente (ELIAS,2009).

A IN 03 recomenda um número de sensores compatível com o tipo da estrutura e a capacidade estática do armazém sendo o mínimo a ser usado de um ponto de leitura a cada 100 m³ de capacidade estática.

Arduino é um projeto que engloba software e hardware e tem como objetivo fornecer uma plataforma fácil para prototipação de projetos interativos, utilizando um microcontrolador. Ele faz parte do que chamamos de computação física: área da computação em que o software interage diretamente com o hardware, tornando possível integração fácil com sensores, motores e outros dispositivos eletrônicos.

E por ser um dispositivo de livre acesso não demanda de uso de patentes para seu desenvolvimento pode ser utilizado para desenvolver projetos de diferentes áreas da robótica, da automação entre outras.

No que diz respeito a termometria a temperatura da massa de grãos deve ser vista de duas formas diferentes como causa e efeitos, devendo ser descoberto o que está causando o aumento da temperatura da massa de grãos e o que é possível fazer para evitar este fato, pois as fontes externas como clima e radiação solar possuem pouca influência no aquecimento dos grãos sendo este aquecimento então devido a outros fatores e com um bom sistema de termometria é possível até mesmo diferenciar pelo seu comportamento se este aumento de temperatura advém de focos de umidade, fungos ou insetos entre outros.

Por estes fatos relatados anteriormente um bom sistema de termometria desde que manejado corretamente pode minimizar perdas além de alertar o produtor sobre variações de temperatura auxiliando na tomada de decisão bem como possibilitar um controle automatizado de todo o sistema de aeração da unidade de armazenamento. Diante disto o projeto visa desenvolver um sistema termometria de baixo custo que possa ser de fácil utilização cobrindo esta lacuna de custo para os pequenos e médios produtores e melhorando o controle da qualidade dos grãos de uma forma geral.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAL

No desenvolvimento do estudo foram utilizados os materiais abaixo relacionados:

2.2 ARDUINO

Que é uma placa projetada com um microcontrolador, dotado de uma linguagem de programação padrão e com terminais para entrada e saída de energia de acessórios. É muito fácil, basta o usuário possuir o seu cabo USB, e o software para compilação de códigos.

O arduino utilizado será o arduino mega (Figura 1) pois este possui mais portas de saída e assim sendo mais adequado para o fim que se destina. O principal diferencial do Arduino Mega compatível para os demais modelos de sua linha, é o fato de possuir maior capacidade de memória e maior quantidade de portas, tanto analógicas quanto digitais, sendo especialmente utilizado em projetos de automação residencial e robóticos.

Muito funcional, o Arduino Mega é capaz de permitir, por meio de aplicativos para smartphones, o controle de equipamentos como, por exemplo, ar-condicionados, lâmpadas, fechaduras elétricas, portões eletrônicos, entre outros.

Figura 1: Arduino Mega



Fonte: Amazon

2.2.1 NTC

O NTC (Figura 2) é um termistor ou componente eletrônico semicondutor sensível a temperatura, utilizado para controle, medição ou polarização de circuitos eletrônicos. Possui um coeficiente de variação de resistência que varia negativamente conforme a temperatura aumenta, ou seja, a sua resistência elétrica diminui com o aumento da temperatura.

Figura 2: NTC



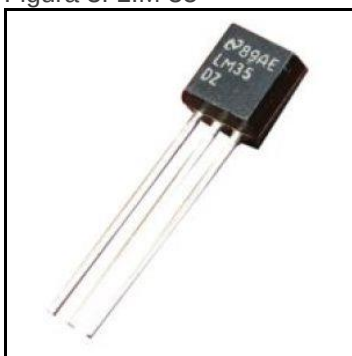
Fonte: <http://www.powercircuit.com.br>

2.2.2 LM 35

É um sensor de precisão que apresenta uma saída de tensão linear proporcional à temperatura em que ele se encontrar no momento, tendo em sua saída um sinal de 10mV para cada Grau Célsius de temperatura.

O LM 35 (Figura 3) não necessita de qualquer calibração externa para fornecer com exatidão, valores temperatura com variações de $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ ou até mesmo $\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ dentro da faixa de temperatura entre -55°C e 150°C .

Figura 3: L.M 35



Fonte: www.robocore.net

2.3 SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20

É um componente eletrônico digital desenvolvido para ser aplicado nos mais diversos ambientes, medindo temperaturas entre -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$. Um diferencial do Sensor de Temperatura DS18B20 (Figura 4) é a sua capacidade de possibilitar leituras com resolução entre 9 a 12-bit, a qual é configurável. Além de possuir uma interface de comunicação simples por meio de um fio único, função conhecida como 1-Wire, que permite ligar vários sensores de temperatura em uma única saída digital do Arduino. Só é possível o Sensor de Temperatura DS18B20 executar a função 1-Wire em razão de que cada sensor possui um número serial único de 64-bit, e isso permite controlar um grande ambiente, como, por exemplo, o interior de um prédio, uma sala de máquinas, entre outros. Outra característica diferencial do Sensor de Temperatura DS18B20 é que o mesmo pode derivar a alimentação do barreamento de dados, sem precisar de uma fonte externa de energia, essa característica é conhecida como “parasite power”.

Figura 4: Sensor de temperatura DS18B20



Fonte: www.potentiallabs.com

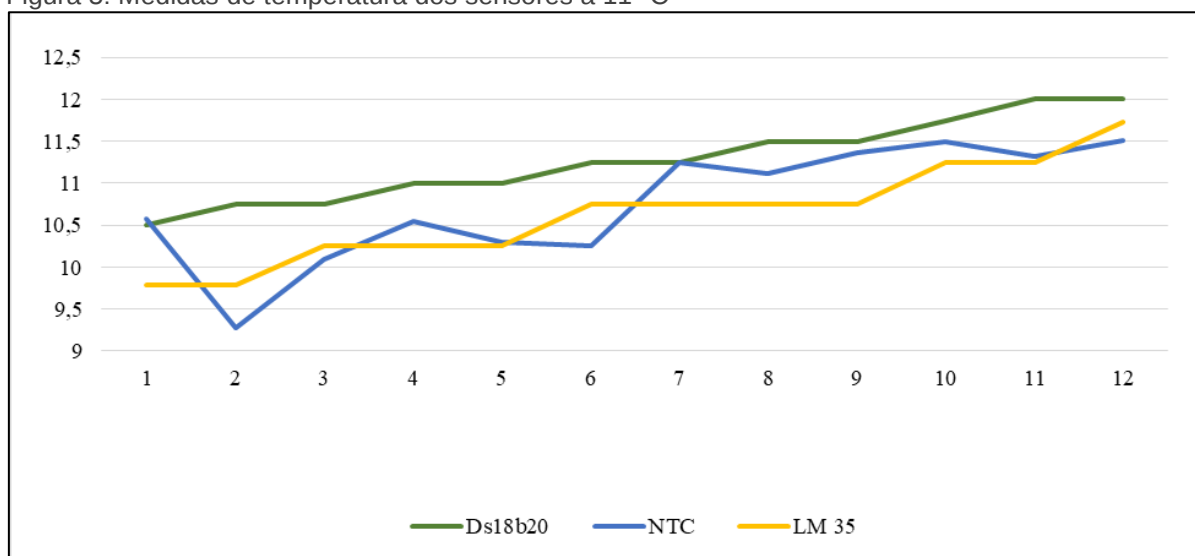
3. RESULTADOS

O projeto foi conduzido de forma de forma que seja possível em seu final possuir um cabo termométrico capaz de reproduzir a realidade da temperatura dentro do silo e para isto foi realizado testes para escolha do melhor sensor para ser utilizado na construção do cabo termométrico, tanto na parte de sensibilidade como na parte construtiva.

Na escolha dos melhor sensor foi realizado um teste com todos os três sensores (NTC, LM 35 e DS18B20) em quatro temperaturas diferentes (11, 16, 22 e ambiente $\pm 26^{\circ}\text{C}$), para evidenciar a qual sensor informaria a temperatura de forma mais precisa.

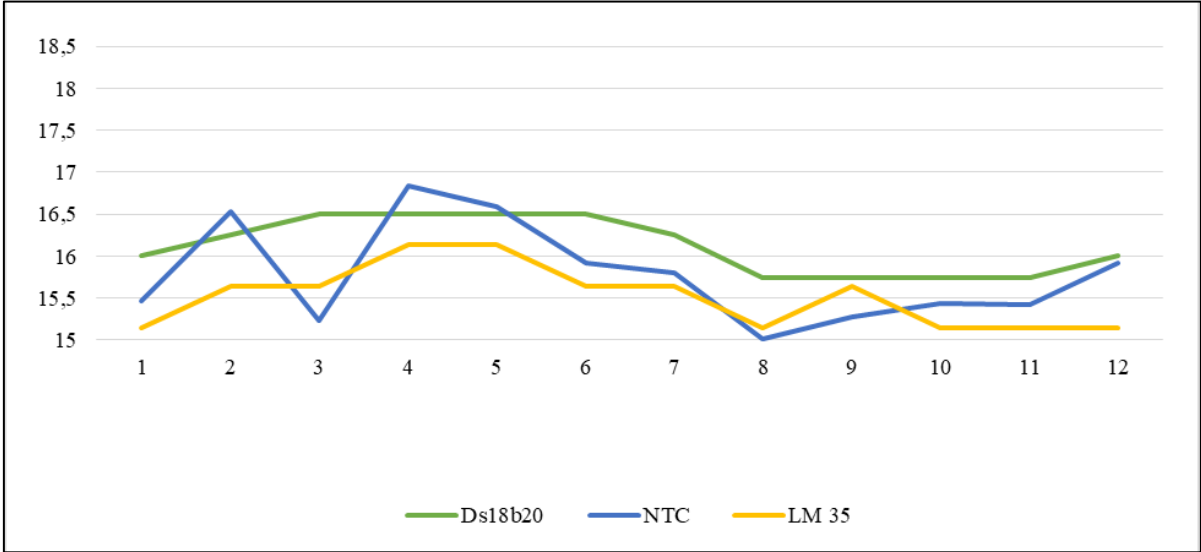
Na Figura 5, 6, 7 e 8 pode ser observado os resultados obtidos para a escolha do sensor mais adequado para o desenvolvimento do cabo termométrico para tanto utilizou-se três sensores (DS18B20, LM 35, NTC) em quatro faixas de temperatura diferente (11, 16, 22, 26), analisando qual sensor expressa melhor precisão quando comparado ao termômetro.

Figura 5: Medidas de temperatura dos sensores a 11°C



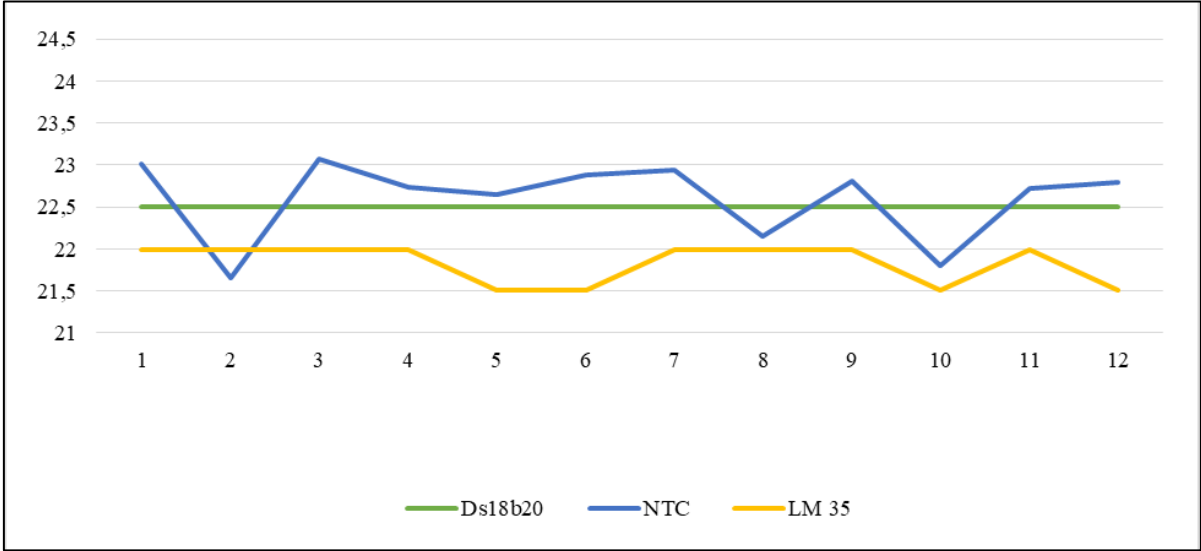
Fonte: Os autores

Figura 6: Medidas de temperatura dos sensores a 16° C



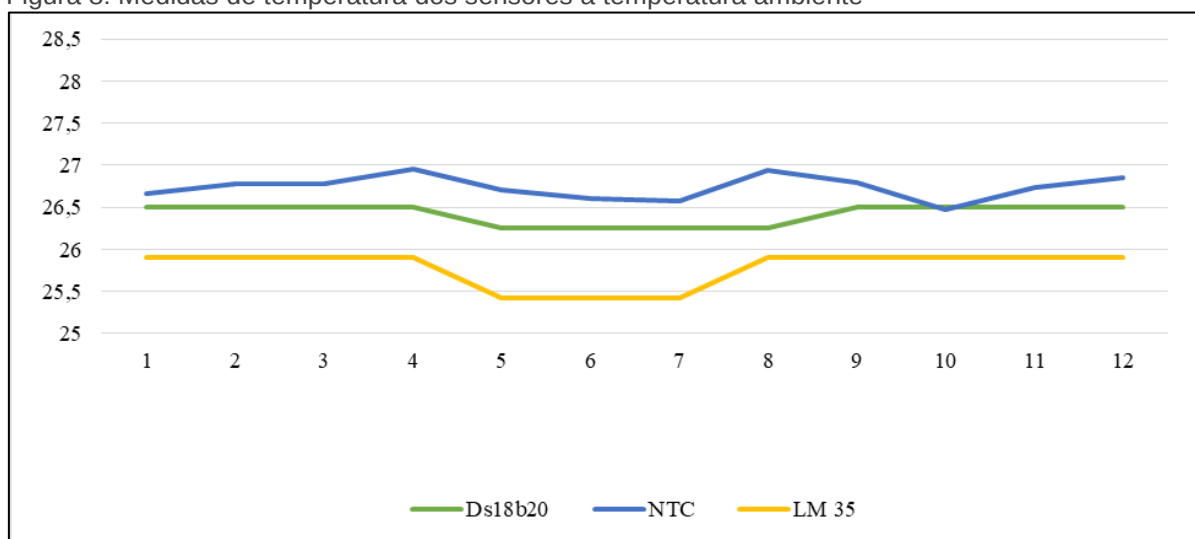
Fonte: Os autores

Figura 7: Medidas de temperatura dos sensores a 22° C



Fonte: Os autores

Figura 8: Medidas de temperatura dos sensores a temperatura ambiente

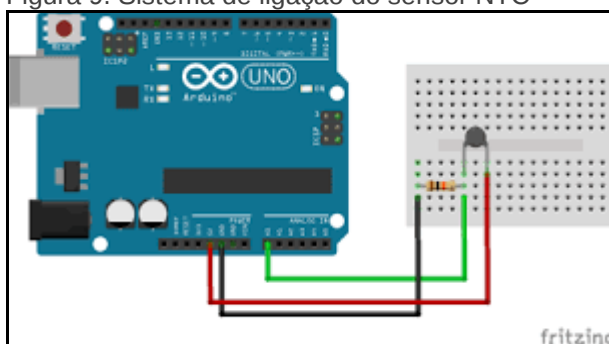


Fonte: Os autores

Através dos resultados pode-se verificar que o sensor DS18B20 apresenta melhor precisão, pois foi o sensor que apresentou uma menor variação da temperatura ao longo do teste, resultados similares foram encontrados por Martinazzo e Orlando (2016).

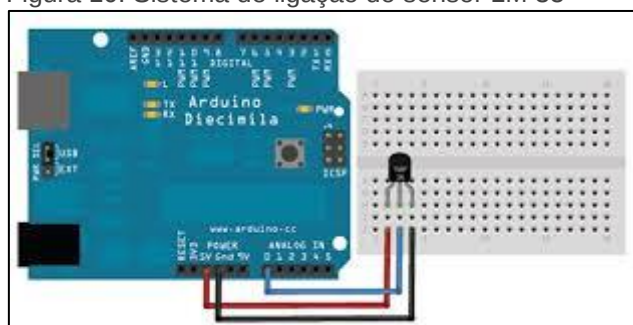
Quanto ao aspecto construtivo cada sensor possui um sistema de cabeamento diferencia conforme pode ser visto nos esquemas e figuras abaixo.

Figura 9. Sistema de ligação do sensor NTC



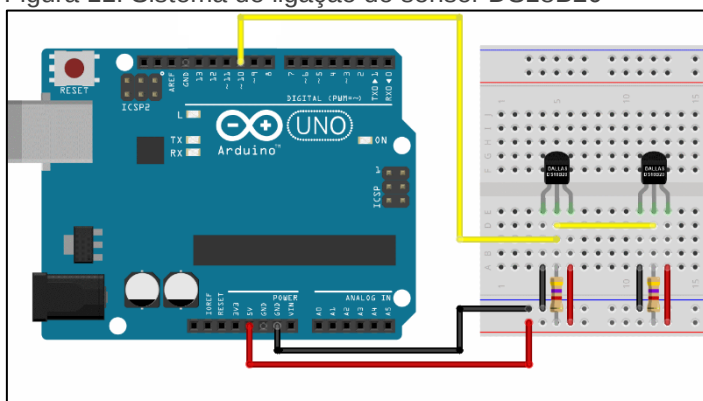
Fonte: fritzenlab

Figura 10. Sistema de ligação do sensor LM 35



Fonte: fritzenlab

Figura 11. Sistema de ligação do sensor DS18B20



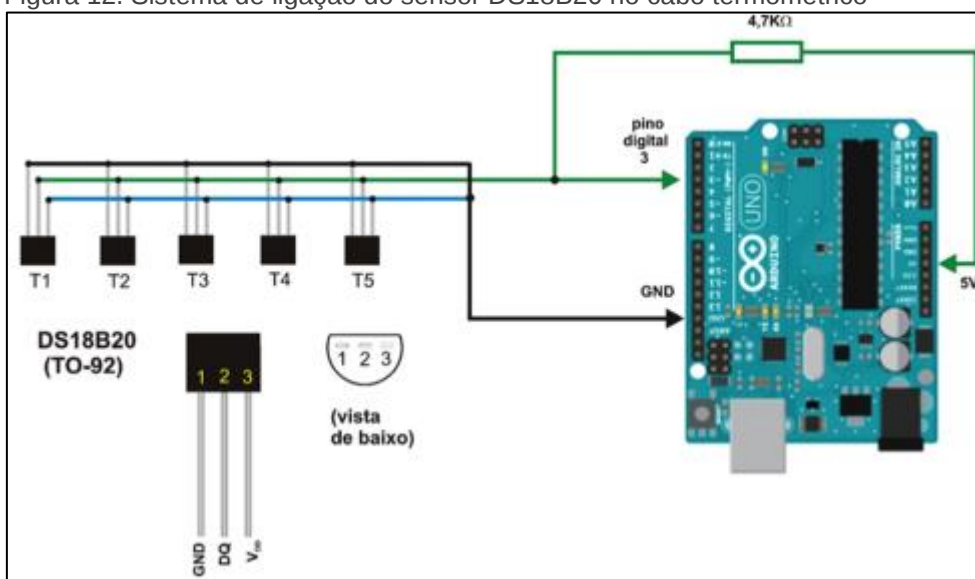
Fonte: fritzenlab

Conforme pode ser visto nas Figuras 9 e 10 os sensores NTC e o LM 35 devem ser ligados independentemente necessitando cada sensor de dois ou três cabos conforme o caso. Já o sensor DS18B20 devido ao sistema 1-Wire, tornando possível realizar o cabeamento do protótipo por apenas três fios (GND, 5V e dados), por este fato o sensor mais adequado é o sensor DS18B20.

O cabo termométrico protótipo foi construído de que os sensores foram ligados ao arduino de forma sequencial (Figura 12) sendo os mesmos ficando a uma distância entre os mesmos de 10 cm sendo colocado no cabo um total de 5 sensores assim ficando com tamanho total de 60 cm, este tamanho foi escolhido pensando em seu uso no silo protótipo do laboratório.

A programação da Arduino é simples e o programa que usamos foi adaptado do código apresentado e discutido por McRoberts (2011). Na execução deste programa é preciso instalar duas bibliotecas especiais no diretório libraries da IDE Arduino: a OneWire, dedicada a comunicação da Arduino com sensores digitais no protocolo 1-Wire, e a biblioteca DallasTemperature para a comunicação específica com os sensores DS18B20. Com a execução do programa cada sensor é identificado com um número, sendo o mesmo lido e armazenado. A temperatura em cada sensor é lida em intervalos de tempo regulares pré-definidos conforme o caso e escolha do interessado e podendo ser acompanhadas diretamente no monitor do PC utilizando-se a função Serial Monitor da IDE Arduino.

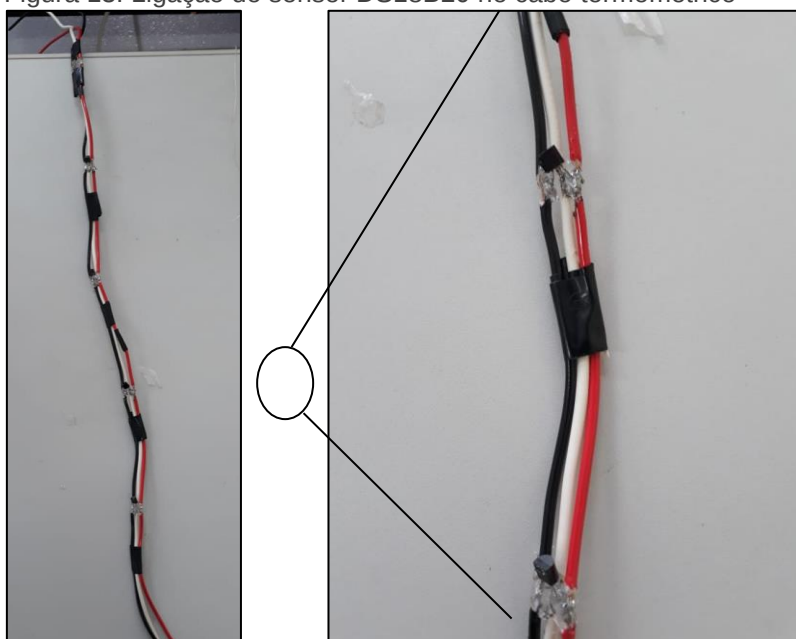
Figura 12. Sistema de ligação do sensor DS18B20 no cabo termométrico



Fonte: fritzenlab

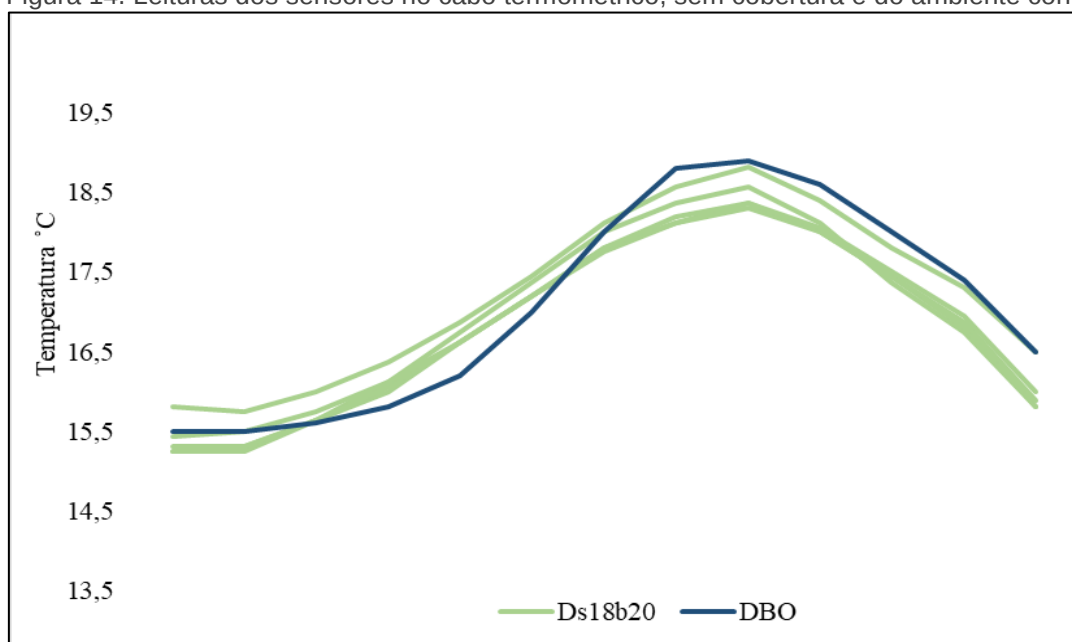
A Figura 13 demonstra como foi a montagem do cabo termométrico e como foram feitas as ligações sendo posterior feito um teste de leitura das temperaturas conforme mostra a Figura 14, posteriormente o cabo foi recoberto com uma mangueira termo retrátil Figura 15 para prender além do cabo de aço para a fixação e proteção dos sensores, posteriormente foi realizado novamente o teste para verificar possível influência do termo retrátil como demonstrado na Figura 16.

Figura 13. Ligação do sensor DS18B20 no cabo termométrico



Fonte: Os autores

Figura 14. Leituras dos sensores no cabo termométrico, sem cobertura e do ambiente controlado



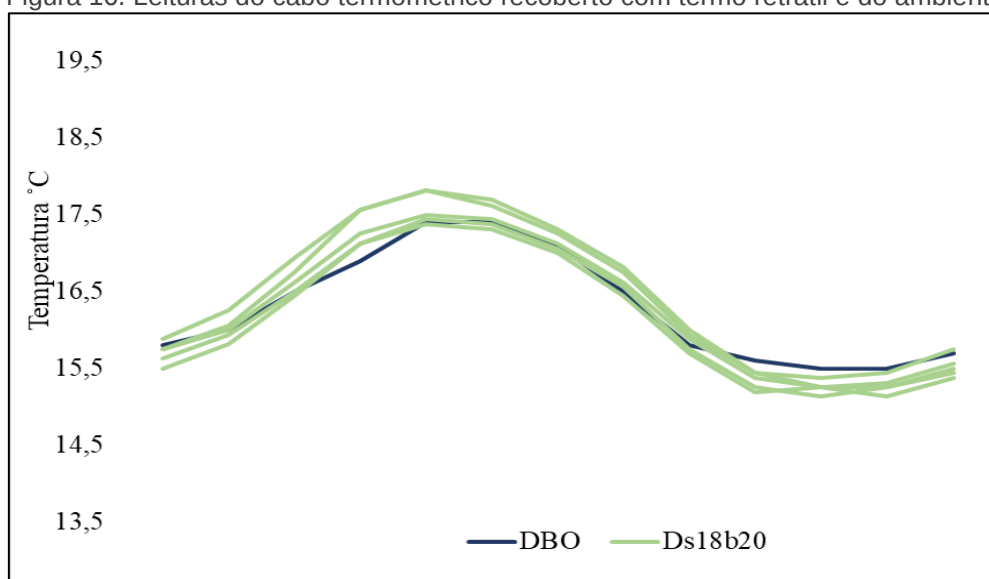
Fonte: Os autores

Figura 15. Cabo termométrico montado com o cabo termo retrátil



Fonte: Os autores

Figura 16. Leituras do cabo termométrico recoberto com termo retrátil e do ambiente controlado



Fonte: Os autores

Observando as Figuras 14 e 16 é possível verificar que os sensores demonstram de forma precisa a temperatura do ambiente, mesmo com a cobertura do cabo termo retrátil as leituras são precisas nos cinco sensores instalados no cabo.

4. CONCLUSÃO

Do ponto de vista de projeto, foi possível desenvolver um cabo de termometria interligado ao arduino capaz de caracterizar a temperatura de um número finito de pontos, ainda não definido, dentro do silo

O sistema possibilita que o usuário faça o monitoramento da temperatura do produto armazenado.

De forma geral foi possível desenvolver um sistema de termometria funcional utilizando componentes de baixo custo.

REFERÊNCIAS

- ATHIÉ, I. et al. **Conservação de grãos**. Campinas: Fundação Cargil, 1998. 236 p.
- BORGES, P. A. P. **Modelagem dos processos envolvidos nos sistemas de secagem e armazenamento de grãos**. 2002. 107p.Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- ELIAS, M. C. **Manejo Tecnológico da Secagem e do Armazenamento de Grãos**. Ed. Santa Cruz. Pelotas, 2009. 370p.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. **Aspectos Tecnológicos e Legais na Formação de auditores técnicos do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras**. Ed. Santa Cruz, Pelotas, 2010. 469p.
- FERRASA, M.; BIAGGIONI, M. A. M.; DIAS, A. H.; Sistema de monitoramento da temperatura e umidade em silos graneleiros via radiofrequência (RF). **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 25, n.2, 2010, p 139-156
- LORINI, I.; MIKE, L. H. & SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos**. Campinas: IBG, 2002. 1000p.
- MARTINAZZO, C. A.; ORLANDO, T.; Comparação entre três tipos e sensores de temperatura em associação com arduino, **PERSPECTIVA**, Erechim, v.40, n.151, p. 93-104, setembro/2016.
- McRoberts, M., **Arduino Básico**, Editora Novatec Ltda., São Paulo, 2011.

CAPÍTULO 10

PRODUTO ALTERNATIVO PARA O MERCADO BRASILEIRO: SANDUÍCHE DE HAMBÚRGUER DE CAJU E EMULSÃO DE CASTANHA DE CAJU

Maria Fernanda Brandão Santos

Nutricionista graduada pela Universidade Presbiteriana Mackenzie

Instituição: Universidade Presbiteriana Mackenzie

Endereço: Rua Joaquim Felício, 146 - Cidade Centenário, São Paulo – SP.

E-mail: mariafernanda.esm@gmail.com

Ana Cristina M. M. Cabral

Mestre em Educação, Arte e História da Cultura

Instituição: Universidade Presbiteriana Mackenzie

Endereço: Rua da Consolação, 930 – Consolação – São Paulo, SP.

E-mail: ana.cabral@mackenzie.br

Nelson Roberto Furquim

Doutor em Nutrição Humana Aplicada pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade Presbiteriana Mackenzie

Endereço: Rua da Consolação, 930 – Consolação – São Paulo, SP.

E-mail: nelson.furquim@mackenzie.br

RESUMO: Introdução: A produção de caju tem um papel importante na economia regional brasileira, além de gerar oportunidades para a exportação dos seus derivados. A utilização do pedúnculo de caju para produzir alimentos novos e alternativos é uma forma de aproveitamento dos derivados da produção nacional de castanha de caju. A castanha é utilizada para a produção de óleos e castanha torrada, atualmente o principal interesse comercial na produção de caju. **Objetivo:** Caracterizar o sanduíche de hambúrguer elaborado a partir do pedúnculo do caju, farelo de aveia e emulsão de castanha de caju. **Metodologia:** Estudo de caráter experimental realizado entre março e maio de 2017. A elaboração do produto final desenvolvido para este estudo ocorreu em nível laboratorial. Para avaliar a qualidade nutricional do sanduíche de hambúrguer vegetal de caju e emulsão de castanha de caju tomou-se como base a 4ª edição da Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos. **Resultados:** As informações nutricionais do produto foram determinadas para a porção de 200g de sanduíche. Foi obtido um valor energético de 442 Kcal, 72,0g de carboidratos, 16,0g de proteínas, 5,5g de gorduras totais, 0,7g de gorduras saturadas, 11,0g de fibra, 403 mg de sódio e 30 mg de vitamina C. São destaques o alto valor de vitamina C (67,0% do VD), de fibras (44,0% do VD) e de proteínas (21% do VD). **Conclusão:** O produto apresentou alto conteúdo de fibra alimentar, de vitamina C e de proteínas na porção, bem como baixa quantidade de gorduras totais e saturadas, apresentando vantagens para o consumidor e se diferenciando positivamente dos demais produtos desta categoria comercializados no mercado brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia de Alimentos. Caju. Vitamina C. Fibra Alimentar.

1. INTRODUÇÃO

A Agência Embrapa de Informação Tecnológica – AEIT – (2010) afirma que o cajueiro representa uma relevante contribuição econômica na Região Nordeste, principalmente nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, apesar de ser encontrado em todo o território brasileiro. No período de 2000 a 2008, o Ceará deteve 50% da produção brasileira, vindo em seguida o Rio Grande do Norte com 20,0% e o Piauí com 18,0%.

De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola da Castanha de Caju (2009), elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cultura do cajueiro foi considerada, por algum tempo, uma atividade extrativa. Entretanto, a existência de um mercado promissor para a exportação dos seus derivados e a instituição dos incentivos fiscais e subsídios creditícios, através da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), Banco do Brasil (Proterra) e, posteriormente, Fundo de Investimento Setorial (Fiset) e Fundo de Investimento do Nordeste (Finor), foram os principais mecanismos indutores do estabelecimento de plantios organizados e da rápida expansão na área cultivada.

Do pseudofruto (ou pedúnculo) do caju são obtidos diversos alimentos. Quanto à produção de bebidas, por exemplo, destacam-se a cajuína, o suco integral, néctares, licores, refrigerantes, aguardente, entre outros. Já para a fabricação de alimentos a partir do pseudofruto do caju, a produção é totalmente direcionada para preparações doces, sendo que diferentes modalidades são produzidas: em massa, em calda e seco tipo ameixa. Entretanto, em decorrência de problemas relacionados à alta perecibilidade e sazonalidade da produção, o mercado dos produtos derivados do pedúnculo encontra-se basicamente restrito ao plano interno, mais especificamente à região nordeste do Brasil (AEIT, 2010).

Da castanha (o fruto verdadeiro), obtêm-se a amêndoa da castanha de caju (ACC) e o líquido da casca da castanha de caju (LCC). Com relação a esses produtos, merece ser destacado que o agronegócio do caju no Nordeste brasileiro surgiu como atividade econômica por ocasião da II Guerra Mundial para atender a demanda dos Estados Unidos pelo LCC, que na época constituía insumo estratégico para fabrico de tintas, vernizes, pós de fricção, lubrificantes, isolantes elétricos, entre outras aplicações. Entretanto, o surgimento de produtos substitutos mais competitivos depois do período bélico promoveu uma drástica redução nas suas vendas. Portanto, apesar de os produtos derivados do cajueiro terem grande potencial de gerar novas receitas,

as atividades relacionadas com a cadeia produtiva da ACC é que têm dado sustentação econômica e social ao agronegócio caju brasileiro (AEIT, 2010).

Estima-se que essa cadeia produtiva faturou, em 2010, cerca de R\$ 450 milhões de reais com as vendas para os mercados externo e interno. A comercialização das ACCs produzidas pela indústria é feita por meio de *brokers*, ou diretamente para a indústria de alimentos (PESSOA; LEITE, 2011).

Apesar da relevância dos benefícios econômicos e sociais gerados com o processamento do pedúnculo e da própria venda do caju de mesa para consumo *in natura*, o desempenho do agronegócio caju brasileiro nas duas últimas décadas demonstrou estar diretamente relacionado com os resultados gerados pela cadeia produtiva da amêndoa de castanha de caju. A solução, possível e urgente, passa pela integração entre governo, academia e iniciativa privada (inovação social), para planejar e executar as ações estratégicas, e pelas inovações tecnológicas e de gestão no campo e na indústria (ARAÚJO, 2012).

A utilização do pedúnculo de caju para produção de produtos alimentícios novos é uma forma de aproveitar a parte suculenta do fruto evitando seu desperdício exagerado, que é em torno de 85% de uma produção anual de mais de 1.000.000t (um milhão de toneladas), o desperdício deve-se ao fato da castanha ser utilizada para a produção de óleos e castanha comestível, sendo, pois, este o principal interesse comercial em relação ao fruto integral, a qual possui alto índice de exportação desses produtos (PIRES et al., 2016).

2. ASPECTOS NUTRICIONAIS DOS COMPONENTES DO HAMBURGUER

2.1 CAJU

Em termos botânicos, o verdadeiro fruto é a castanha, enquanto o pedúnculo é o pseudofruto, que é comestível na forma *in natura* ou industrializada (FILHO SOUZA et al., 1989).

O pedúnculo representa aproximadamente 90% do peso do fruto de caju, enquanto a castanha e a amêndoa constituem os 10% restantes (PAIVA et al., 2000). A amêndoa da castanha é o principal produto do cajueiro sendo rica em proteínas, lipídios, fósforo, ferro, fibras, gordura insaturada e outros minerais (GAZZOLA et al., 2006).

O caju possui um alto valor nutritivo, é um dos frutos mais ricos em vitamina C com cerca 156-387mg/100g, na maioria dos trabalhos a quantidade de açúcar não

reduzido é muito pequena enquanto que o redutor é encontrado em maiores quantidades, é rico ainda em minerais como cálcio, ferro e fósforo, além de compostos fenólicos principalmente taninos, carotenoides e antocianinas, pigmentos naturais responsáveis por sua coloração característica, amarelo ou vermelho presentes principalmente na película (OLSON, 2003; AGUIAR et al., 2000; MENEZES; ALVES, 1995).

O sabor adstringente do pedúnculo de caju é decorrente da presença de taninos, que são compostos fenólicos presentes em vegetais, podendo ser um fator limitante na aceitação do fruto. Estudos relatam que a maioria dos taninos estava presente na casca dos frutos e que o mesmo, quando submetido a aquecimento em água por pelo menos 30 minutos perde de 38 a 76% dos taninos (BROIZINI et al, 2007; SANTOS-BUELGA; SCALBERT, 2000).

Os taninos, entre outros, contribuem para atividade antioxidante, que desempenha um papel importante nos processos de inibição do risco das doenças cardiovasculares e podem atuar sobre o estresse oxidativo, relacionado com diversas patologias crônico-degenerativas, como o diabetes, o câncer e processos inflamatórios. Entretanto, quando em concentração muito elevada ou em composição inadequada, estes compostos podem conferir características indesejáveis, como o escurecimento enzimático de frutas e a interação com proteínas, carboidratos e minerais (BROIZINI et al, 2007; SANTOS-BUELGA; SCALBERT, 2000).

Broizini et al (2007), relata sobre a importância da realização de estudos sobre o caju, trazendo novas perspectivas para um melhor aproveitamento de resíduos resultantes do processamento do pedúnculo.

2.2 AVEIA

A aveia (*Avena sativa* L.), cereal pertencente à família Poaceae, contém ácidos graxos, aminoácidos, minerais e vitaminas indispensáveis ao adequado funcionamento do organismo humano. Recebe a definição de grão integral por apresentar, após o seu processamento, o mesmo balanço de nutrientes encontrado na matéria-prima original. A aveia tem sido pesquisada nos últimos anos por conter as beta-glucanas, fibras alimentares com possível ação tanto na inibição de parte da absorção de gorduras da dieta, como sobre o metabolismo lipídico.

As beta-glucanas são classificadas como polissacarídeos. Na aveia estão presentes em maior quantidade no farelo, dentre todas as porções desse cereal, apresentando teor de 9,68%, podendo variar com a safra e fatores genéticos ligados

ao grão. É considerada como suficiente a ingestão diária de 3g de betaglucanas da aveia para auxiliar na redução da absorção de colesterol. Este cereal também tem sido pesquisado por apresentar ampla variedade de compostos fenólicos com comprovada atividade antioxidante *in vitro* (SOUZA, 2014).

2.3 NOZES E SEMENTES

Freitas e Naves (2010) avaliaram as a composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde, concluindo que a castanha de caju possui em torno de 6,0% de proteínas e apenas 2,0 a 3,0% de lipídeos, sendo as frações lipídicas compostas especialmente pelos ácidos graxos oléico (C18:1) e linoleico (C18:2). As proteínas apresentam perfil de aminoácidos que atende grande parte das necessidades de escolares.

Ainda de acordo com Freitas e Naves (2010), essas nozes e sementes comestíveis também são boas fontes de fitoesteróis, especialmente de β -fitoesterol; de minerais, sobretudo cálcio, ferro, zinco, selênio e potássio; de tocoferóis, com ênfase para o α -tocoferol, e de fibras alimentares insolúveis. Esses alimentos contêm alta densidade de nutrientes e de substâncias bioativas que potencializam seus efeitos benéficos à saúde e, portanto, o estudo e o consumo deles devem ser estimulados.

3. CARACTERIZAÇÃO DE DIETAS VEGANA E VEGETARIANA

Philippi e Aquino (2015) afirmam que o número de indivíduos que tem modificado os seus hábitos alimentares no intuito de reduzir o consumo de alimentos de origem animal é crescente e que profissionais da saúde, em especial, nutricionistas, devem reconhecer os riscos potenciais associados com dietas vegetarianas para a saúde, porém apoiando e orientando aqueles que expressam interesse em consumir uma dieta vegetariana.

A Sociedade Vegetariana Brasileira (2017) considera como vegetariano o indivíduo que exclui da sua alimentação todos os tipos de carne, aves, peixes e derivados, podendo ou não utilizar laticínios ou ovos. E como veganos aqueles que não utilizam produtos derivados de animais, para nenhum fim, como higiene, alimentação, vestuário, cosméticos, entre outros. Além disso, esclarece que vários são agentes motivadores para que o indivíduo se torne vegetariano, como os de ordem social, cultural, ambiental, étnica, religiosa, econômica, entre outros, podem levar à adoção de comportamentos alimentares alternativos, como o vegetarianismo e o veganismo, entre outros.

De acordo com Couceiro, Slywitch e Lenz (2008) de forma geral, indivíduos vegetarianos que consomem quantidades e variedades adequadas de alimentos de origem vegetal, considerando sua disponibilidade local e financeira, desfrutam de boa saúde e qualidade de vida, visto o Índice de Massa Corporal (IMC) e os níveis plasmáticos de colesterol adequados, bem como elevados níveis séricos de antioxidantes, baixas taxas de obesidade, doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, hipertensão arterial sistêmica e uma expectativa de vida aumentada.

Entretanto, Philippi e Aquino (2015) discutem a relevância da execução do cuidado nutricional e da determinação das intervenções que informem sobre “o alcance dos requerimentos de vitamina B12, vitamina D, zinco, ferro, ácidos graxos ômega 3, uma vez que dietas vegetarianas mal planejadas podem ocasionalmente ser limitadas em relação a esses nutrientes”.

4. IMPORTÂNCIA DA TECNOLOGIA DE CONGELAMENTO

A inibição total ou parcial dos principais agentes responsáveis pela alteração dos alimentos é o pilar sobre o qual se baseia o efeito conservador do frio. Alguns destes agentes são: o crescimento e a atividade de microrganismos, as atividades metabólicas dos tecidos vegetais e animais, as enzimas e as reações químicas. Sua aplicação permite aumentar a vida útil dos alimentos, tanto in natura quanto processados, durante períodos de tempo relativamente longos, com repercussão mínima em suas características nutritivas e organolépticas, ampliando a utilização da matéria prima em tempo e distância geográfica (ORDONEZ et al., 2007).

Ainda de acordo com esses autores, entende-se por congelamento “redução maior da temperatura do alimento, abaixo de seu ponto de congelamento, considerando-se que, na maioria dos alimentos, o congelamento inicia-se a temperaturas inferiores a 0°C”. A mudança de estado da água, isto é, a mudança de fase correspondente à transformação de uma parte da água líquida em gelo, é a principal diferença entre a refrigeração e o congelamento.

De acordo com Gava, Silva e Freitas (2010) o processo de congelamento se dá pelo congelamento da água, mais especificamente, da água livre, uma vez que a outra porção, a água ligada, encontra-se inteiramente combinada a diversos solutos, impedindo seu congelamento. O congelamento da água livre tem por consequência a formação de gelo, através do processo de cristalização que é dividido em duas etapas: a nucleação (associação de moléculas, formando uma partícula ordenada e estável,

que servirá de base para a formação do cristal) e o crescimento dos cristais (formados sobre partículas estranhas suspensas ou paredes de embalagens).

A formação dos núcleos ocorre a uma temperatura inferior a que se inicia o congelamento. A velocidade de diminuição da temperatura influencia diretamente na nucleação, isto é, quando o congelamento é rápido, a velocidade de nucleação aumenta consideravelmente, provocando a formação de muitos núcleos, gerando cristais pequenos, arredondados. No congelamento lento formam-se poucos núcleos, resultando em cristais grandes com formato de agulhas, afetando a qualidade do alimento congelado (GAVA, SILVA, FRIAS, 2010).

“Através do congelamento consegue-se obter alimentos mais convenientes, isto é pronto para o consumo, sendo estes comumente comercializados no Brasil e importante para o mercado institucional”. Entretanto, é considerado um processo de custo elevado, pois há a necessidade da chamada cadeia do frio, isto é, o alimento precisa ser mantido a baixa temperatura desde a produção até o preparo para o consumo (GAVA, SILVA, FRIAS, 2010).

A grande aceitação de alimentos congelados pelos consumidores justifica-se pelo congelamento não interferir significativamente nas características organolépticas e nutritivas do alimento, mantendo-as muito similares às que possuíam antes do congelamento (ORDONEZ et al., 2007).

De acordo com Evangelista (2008) uma das grandes vantagens da utilidade do congelamento é a de “proporcionar maior disponibilidade de alimentos frescos em domicílios e estabelecimentos institucionais (fábricas, hospitais, hotéis e restaurantes)”. Além disso, identificam as temperaturas médias utilizadas que melhor mantem a qualidade do produto, suspendendo totalmente o crescimento de microrganismos, que equivalem a no mínimo -10 ou -12 °C até -18°C.

É importante que os alimentos congelados sejam embalados para evitar a desidratação, para que não haja uma queimadura de congelamento, o que altera irreversivelmente a cor, textura, sabor e o valor nutritivo dos alimentos congelados. Dentre as opções de materiais de embalagem adequados para esse uso estão o papel e o plástico. O papel vem se destacando, pois o papel fornece rigidez, boa aparência, boa resistência à tração e à distensão, além de ser facilmente degradado pelo meio ambiente, diferentemente do plástico (GAVA, SILVA, FRIAS, 2010).

5. OBJETIVO

5.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar sanduíche com hambúrguer elaborado a partir do pedúnculo do caju e farelo de aveia e emulsão de castanha de caju, oferecendo uma forma de utilização completa do mesmo.

5.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Identificar as propriedades nutricionais do caju, do farelo de aveia e da castanha do caju;

Compreender a importância do caju para economia brasileira;

Apontar as características da dieta vegana;

Destacar os fundamentos do congelamento;

Avaliar a composição nutricional do produto final.

6. METODOLOGIA

Este estudo tem caráter experimental fundamentado no desenvolvimento de sanduíche de hambúrguer vegetal a partir do pedúnculo de caju e emulsão de castanha de caju, que foi realizado entre março e maio de 2017 no município de São Paulo (SP).

A formulação do hambúrguer vegetal desenvolvida para este estudo utilizou 70g do pedúnculo de caju, 3 g de alho, 40g de cebola, 1,5 g de sal iodado, 5 g de salsa e cebolinha, 0,5 g de páprica picante e 35 g de farelo de aveia.

Primeiramente foi feita a retirada do suco presente no pedúnculo, por meio de furos, sendo em seguida espremido e a polpa resultante foi cortada em pequenos cubos. Essa polpa foi refogada em óleo de soja (5 ml) juntamente com a cebola, alho e sal iodado, sendo então liquidificada.

Esse preparado foi, então, misturado ao farelo de aveia, e a massa resultante modelada em formato característico de hambúrguer. Os hambúrgueres foram fritos em 5 ml de óleo de soja.

Para o preparo da emulsão de castanha de caju, as castanhas foram mantidas em água potável, por quatro horas. Em seguida, foram colocadas em liquidificador com água, azeite, sal iodado, limão e salsa. Para esta etapa utilizou-se 50g de castanha de caju torrada sem sal, 20 ml de azeite de oliva, 3g de sal iodado, 30g de salsa e 60 ml de água.

Para a elaboração do pão utilizou-se fermento biológico fresco (15g), açúcar (15g), óleo (75 ml), água (200 ml), sal (5g), farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico (300g) e farelo de aveia (100g). Após mistura dos ingredientes, os pães foram modelados e em temperatura aproximada de 180°C.

O produto final foi classificado seguindo os critérios da RDC nº 273 de 22 de setembro de 2005, que estabelece os parâmetros para alimentos Semi-Prontos ou Prontos para o Consumo, definidos como: “alimentos preparados ou pré-cozidos ou cozidos, que para o seu consumo não necessitam da adição de outro(s) ingrediente(s). Podem requerer aquecimento ou cozimento complementar”.

Para rotulagem do produto desenvolvido neste estudo a RDC nº 259 de 2002 foi o parâmetro adotado. A técnica de conservação utilizada foi o congelamento por ar como definido por Ordonez et al., 2007.

Para avaliar a qualidade nutricional do sanduíche de hambúrguer vegetal de caju e emulsão de castanha de caju foi utilizada a 4ª edição da Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TACO, 2011).

O presente estudo não envolveu seres humanos para a coleta de dados, pois tratou-se de elaboração e análise da composição de um produto. Portanto, não houve necessidade de uso de termo de consentimento livre e esclarecido.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações nutricionais determinadas referem-se a uma porção de 200g do produto e o percentual dos Valores Diários (%VD) são estabelecidos para uma dieta de 2.000 Kcal ou 8.400 KJ.

A Tabela 1 apresenta as informações nutricionais do sanduíche, destacando o alto teor de vitamina C (67,0% do VD), de fibras (44,0% do VD) e de proteínas (21% do VD).

Tabela 1 – Informações nutricionais em 200g de sanduíche de hambúrguer vegetal de caju e emulsão de castanha de caju. São Paulo, 2017.

Nutriente	Quantidade por porção	%VD
Valor energético	442 Kcal	22
Carboidratos	72 g	23
Proteínas	16 g	21
Gorduras Totais	5,5 g	10
Gorduras Saturadas	0,7 g	8
Gorduras Trans	0 g	(**)
Fibra	11 g	44

Sódio	403 mg	17
Ferro	1,1 mg	7
Vitamina C	30 mg	67

Fonte: Os autores

(**) VD não estabelecido

Para o cálculo da quantidade de vitamina C presente no produto utilizou-se o respectivo valor presente no caju *in natura*, sem submissão a nenhum processamento ou aquecimento. Todavia, a produção do sanduíche requer aquecimento do hambúrguer para a cocção e finalização do mesmo, bem como o processamento em liquidificador, o que pode acarretar perda no conteúdo de vitamina C.

Para estimar essa perda foi utilizado o estudo de Correia, Faraoni e Sant'Ana (2008), no qual são analisados os efeitos de diferentes processamentos industriais utilizados na produção de alimentos a estabilidade de vitaminas. O estudo apresenta uma avaliação acerca da porcentagem de perda de vitamina C em alimentos submetidos a pasteurização.

Esses autores apontam que cerca de 20% da vitamina C presente em alimentos é perdida durante a pasteurização (CORREIA; FARAONI; SANT'ANA, 2008). Utilizou-se, então, esse percentual de redução na quantidade de vitamina C presente no caju *in natura* para se chegar a uma estimativa da diminuição da quantidade de vitamina C no produto final. Desta forma, partiu-se de 38 mg de vitamina C e, com redução de 20,0% desse valor, chegou-se a 30 mg de vitamina C no sanduíche.

Um estudo realizado por Lima (2008) caracterizou hambúrgueres elaborados à base de caju e proteína texturizada de soja, comparando suas características com as de produtos comercializados regularmente no mercado brasileiro. Os resultados demonstraram que o hambúrguer elaborado à base de caju e proteína de soja com peso de 70g, obteve 5,75% de proteínas e 7,90% de gorduras. Quanto à análise sensorial, em uma escala de 9 pontos, as seguintes pontuações foram obtidas na avaliação: 6,2 pontos para a aparência, 6,1 para o aroma, 5,7 para o sabor, 6,3 para a textura e 5,9 para a impressão global. Este mesmo estudo concluiu que os hambúrgueres à base de caju apresentaram, em média, “menores teores de proteína e gordura do que os produtos comerciais à base de proteína animais e de proteína vegetal avaliados, sendo a aceitação sensorial correspondente à avaliação gostaram ligeiramente”.

Considerando-se as quantidades dos ingredientes secundários utilizados para a produção do hambúrguer vegetal de caju da presente pesquisa, é possível justificar a diferença entre os resultados das composições nutricionais obtidas no presente estudo e os resultados obtidos por Lima (2008).

8. CONCLUSÃO

O sanduíche de hambúrguer vegetal de caju e emulsão de castanha de caju desenvolvido no presente estudo apresentou alto conteúdo de vitamina C, fibras e proteínas por porção, conforme a RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012.

O produto final supre a recomendação diária destes nutrientes, além de apresentar baixa quantidade de gorduras totais e saturadas e não conter gorduras trans, apresentando vantagens do ponto de vista nutricional e oferecendo mais benefícios que os demais produtos desta categoria ofertados no mercado brasileiro.

Para futuros estudos sugere-se a realização de análises sensoriais e bromatológicas, com o intuito de se aprofundar o conhecimento sobre a aceitação do produto pelos consumidores brasileiros, e possibilitando a identificação acurada das quantidades de macro e micronutrientes em sua composição.

Essas informações adicionais serão bastante úteis para uma eventual oferta do produto no mercado brasileiro.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA EMPRABA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. LEITE, Lucas Antonio de Sousa; PESSOA, Pedro Felizardo Adeodato P. **Estatística de produção do caju**. 2010. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fyr9ldm402wx5ok0pvo4k3azmedk1.html>>. Acesso em: 29 mar. 2017.
- ARAÚJO, J. P. P de. Caju: inovar ou inovar. **AgroValor**, Fortaleza, v. 15, n.5 p. 5 -10, 2012.
- CORAZZA, M. L.; RODRIGUES, D. G.; Nozaki, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. **Quim. Nova**, v.24, n. 4, p. 449-452, 2001.
- CORREIA, Laura F. M., FARAONI, Aurélia S., SANT'ANA, Helena Maria P. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas, Araraquara, v. 19, n.1, p. 85-95, 2008.
- COUCEIRO P., SLYWITCH E., LENZ F. Padrão alimentar da dieta vegetariana. **Einstein**, São Paulo, v. 6, n. 3, p.365-373, dez. 2008.
- EVANGELISTA, José. **Tecnologia de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.
- FAO. FAOSTAT. Trade. Crops and livestock production. 1988b. Disponível em: . Acesso em: 10 jan. 2012.
- FIGUEIRÊDO JUNIOR, H. S. Desafios para a cajucultura no Brasil: o comportamento da oferta e da demanda da castanha de caju. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 37, n. 4, p. 550-571, out./dez. 2006.
- FREITAS, Jullyana Borges; NAVES, Maria Margareth Veloso. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Rev. Nutr**, Campinas, v. 2, n. 23, p.269-279, abr. 2010.
- GAVA, Altanir Jaime. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.
- HOLANDA, J. S.; Oliveira, A. J.; FERREIRA, A. C. Enriquecimento protéico de pedúnculos de caju com emprego de leveduras, para alimentação animal. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 33, p. 787-792, 1998.
- IBGE. Comissão Especial de Planejamento Controle e Avaliação das Estatísticas Agropecuárias. Castanha de caju. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Rio de Janeiro, v.21, n.7, p. 35, jul. 2009.
- LEITE, L. A. S. A agroindústria do caju no Brasil: políticas públicas e transformações econômicas. 1994. 176 f. Tese (Doutorado em Política Econômica) – **Universidade Estadual de Campinas**, Campinas.
- LIMA, Janice R. Pshysical chemical and sensory characterization of vegetal hambúrguer elaborated from cashew apple. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.32, n.1, p. 191-195, 2008.
- MUIANGA, Carlos Alberto et al. Descrição da curva de crescimento de frutos do cajueiro por modelos não lineares. **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p.22-32, fev. 2016.
- ORDONEZ, Juan A. et al. **Tecnologia dos Alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Atmed, 2005. 1 v.

PIRES, T.P.R.S. et al. Parâmetros físico - químicos do fermentado de caju (anacardium occidentale L.) Produzido na fazenda cajucoco. **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Gramado, v. 5, n. 25, p.51-56, out. 2016

PESSOA, Pedro Felizardo Adeodato de Paula; LEITE, Lucas Antonio de Sousa. **Desempenho do agronegócio caju brasileiro**. 2011. Disponível em: <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_4127.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2019.

PHILIPPI, Sônia Tucunduva; AQUINO, Rita de Cássia de. **Dietética: Princípios para o planejamento de uma alimentação saudável**. Barueri: Manole, 2015.

ROSA, Jeane S. et al. Estudo da taxa de degradação de vitamina C em alguns sucos de frutas. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, Rio de Janeiro, 2010.

SOCIEDADE VEGETARIANA BRASILEIRA. **Vegetarianismo é o regime alimentar que exclui todos os tipos de carnes**. 2017. Disponível em: <<https://www.svb.org.br/vegetarianismo1/o-que-e>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

SOUZA, Simone Raimondi de. Efeito do aconselhamento nutricional associado à ingestão de farelo de aveia em indivíduos hipercolesterolêmicos. **Rev. Bras. Epidemiol.**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 3, p.123-127, ago. 2014.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Campinas, 4. ed., 2011. Disponível em: <https://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada>. Acesso em: 10 de março de 2017.

CAPÍTULO 11

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E DO VALOR ENERGÉTICO DAS FARINHAS OBTIDAS A PARTIR DE AMÊNDOS DO CERRADO.

Maria Lícia Lopes Moraes Araújo

Doutoranda em Alimentos e Nutrição – Piauí

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella S/N, Departamento de Nutrição, Bloco 13. Bairro Ininga. CEP:64.049-550.Teresina, PI. Brasil.

E-mail: malicia.araujo@yahoo.com.br

Zelita Melo Fortes de Cerqueira

Graduando em Nutrição – Piauí

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella S/N, Departamento de Nutrição, Bloco 13. Bairro Ininga. CEP:64.049-550.Teresina, PI. Brasil.

E-mail: zfortescerqueira@gmail.com

Sarry Leonardo de Araújo Mororó

Graduando em Nutrição - Piauí

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella S/N, Departamento de Nutrição, Bloco 13. Bairro Ininga. CEP:64.049-550.Teresina, PI. Brasil.

E-mail: sarryleonardo2011@hotmail.com

Clélia de Moura Fé Campos

Doutoranda em Alimentos e Nutrição – Piauí

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella S/N, Departamento de Nutrição, Bloco 13. Bairro Ininga. CEP:64.049-550.Teresina, PI. Brasil.

E-mail: cleliamfc@ufpi.edu.br

Débora Thais Sampaio da Silva

Mestra em Alimentos e Nutrição – Piauí,

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella S/N, Departamento de Nutrição, Bloco 13. Bairro Ininga. CEP:64.049-550.Teresina, PI. Brasil.

E-mail:deborasampaio4@hotmail.com

Ana Karine de Oliveira Soares

Universidade Federal do Piauí (UFPI), mestra em Alimentos e Nutrição – Piauí

E-mail: anakarineos.nutri@gmail.com

Cláudio Marcos Soares Nonato

Graduando em Nutrição – Piauí

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella S/N, Departamento de Nutrição, Bloco 13. Bairro Ininga. CEP:64.049-550.Teresina, PI. Brasil.

E-mail: claudiomarcosn@hotmail.com

Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo

Nutricionista, Doutora. Professora Titular do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí e do Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição – PPGAN/ Universidade Federal do Piauí,

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI) Departamento de Nutrição – Professora Titular

Endereço: Campus Ministro Petrônio Portella S/N, Bloco 13. Bairro

Ininga.CEP:64.049-550.Teresina, PI. Brasil.

E-mail:regilda@ufpi.edu.br

RESUMO: As amêndoas são excelentes fontes de nutrientes. Apesar de, ainda pouco exploradas com base no extrativismo, visando o consumo de amêndoas que são ricas em lipídios, proteínas e cinzas, revelam potencial econômico para uso como ingrediente de barras de cereais. Neste estudo objetivou-se analisar a composição centesimal e o valor energético total da farinha de amêndoa do chichá (*Sterculia striata*) de granulação menor e maior, bem como a farinha de castanha-do-gurguéia (*Dipteryx lacunifera* Ducke). Realizou-se a análise de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos e valor energético total. O conteúdo de lipídios variou de 25,5% a 42,3% nas farinhas, apresentando maior destaque na farinha de castanha-do-gurguéia. Ao passo que o teor de carboidratos (44,48% - 57,39%), foi maior na farinha de amêndoa de chichá com menor granulometria. Concluiu-se, portanto, que as três farinhas analisadas se apresentaram como excelentes fontes de gorduras e de carboidratos, e demonstraram características comparáveis às demais castanhas disponíveis no mercado mundial.

PALAVRAS-CHAVE: Chichá, Castanha-do-Gurguéia, Composição Centesimal.

ABSTRACT: Almonds are excellent sources of nutrients. Although, still little explored based on extractivism, aiming at the consumption of almonds that are rich in lipids, proteins and ash, they reveal economic potential for use as an ingredient in cereal bars. This study aimed to analyze the proximate composition and the total energy value of the smaller and larger granulated chichá flour (*Sterculia striata*), as well as the chestnut flour (*Dipteryx lacunifera* Ducke). The analysis of moisture, ash, lipids, proteins, carbohydrates and total energy value was performed. The content of lipids varied from 25.5% to 42.3% in the flours, with greater emphasis on the chestnut flour. While the carbohydrate content (44.48% - 57.39%), it was higher in chichá almond flour with less granulometry. It was concluded, therefore, that the three flours analyzed presented themselves as excellent sources of fats and carbohydrates, and showed characteristics comparable to the other nuts available on the world market.

KEY WORDS: Chichá, Chestnut-of-Gurguea, Centesimal composition.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores repositórios de plantas nativas do mundo, possuindo uma grande diversidade genética das mesmas. A região amazônica é a principal reserva, enquanto que a segunda maior reserva genética de espécies nativas do Brasil está localizada nos cerrados do Brasil Central e do Nordeste (RIBEIRO et al., 2000). O desconhecimento de informações sobre estas amêndoas, assim como de várias outras frutas tropicais induz, na maioria das vezes a um desperdício destas matérias primas de excelente qualidade (FELIPE et al., 2006; SILVA et al., 2007).

Uma das plantas já encontrada no Pantanal, na região de Corumbá, é o chichá, registrada pelo herbário da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, com número de registro CGMS17913. Seu nome científico é *Sterculia striata*, pertencente à família Sterculiaceae. É uma fruteira não cultivada, mas abundante na natureza, conhecida popularmente como chichá ou mandovi, produz uma semente comestível, que apresenta um valor proteico promissor na alimentação humana (BALERONI et al., 2002).

A castanha-do-gurguéia (*Dipteryx lacunifera* Ducke) também conhecida como castanha-de-burro, fava-de-morcego e garampara, é uma planta da família Leguminosae, nativa da região Meio-Norte do Brasil, pouco conhecida na literatura científica, encontrada principalmente, nos cerrados do sul e centro-sul dos estados do Piauí e Maranhão (CARVALHO et al., 2008). Apesar de, ainda explorada com base no extrativismo visando o consumo das amêndoas (VIEIRA JÚNIOR et al., 2007) que são ricas em lipídios, proteínas e cinzas (QUEIROGA NETO et al., 2009), revela potencial econômico para uso como ingrediente de barras de cereais (CARVALHO et al., 2008).

As amêndoas são excelentes fontes nutritivas apresentando uma composição química média em 100 g da fruta de: 18,6 g de proteínas; 254 mg de cálcio; 475 mg de fósforo; 4,4 mg de ferro e 0,67 mg de vitamina B2 (NASCENTE, 2007). Além disso, as amêndoas são ricas em proteínas e gorduras. Contêm, ainda, quantidades razoáveis de tiamina, riboflavina e niacina, e representam boas fontes de ferro e fósforo (NASCENTE, 2007). Além disso, as amêndoas em combinação com outros cereais e frutas produzem inúmeras snacks processados que possuem grande aceitação pelos consumidores (SOUZA; MENEZES, 2006; GUTKOSKI et al., 2007).

A introdução de um novo alimento provoca desconfiança, principalmente quando este não faz parte do hábito alimentar. Em geral, as pessoas têm medo de

experimental frutos desconhecidos. Dessa forma, estudos sobre as características botânicas e físico-químicas de plantas frutíferas trazem informações importantes sobre o uso na alimentação (POTT; POTT; SOBRINHO, 2004).

Diante disso, este trabalho objetivou analisar a composição centesimal e o valor energético total da farinha de amêndoa do chichá de granulação menor e maior, bem como a farinha de castanha-do-gurguéia. Ademais, a fim de avaliar o aproveitamento das mesmas na alimentação e uma possível inserção no mercado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras foram obtidas no comércio local de Teresina-PI e a amostragem realizada por quarteamento.

2.2 ANÁLISES REALIZADAS

2.2.1 Umidade

A determinação de umidade foi feita pelo método de secagem em estufa a 105°C (AOAC, 2005).

2.2.2 Cinzas

As cinzas foram pré-carbonizadas com auxílio de um bico de *Bunsen*, e em seguida incineradas em forno mufla a 550°C (AOAC, 2005).

2.2.3 Lipídios

A determinação de lipídios foi feita pelo método de extração à quente com solvente hexano P.A. em aparelho de extração intermitente de gorduras, tipo Soxhlet (AOAC, 2005).

2.2.4 Proteínas

A determinação de proteínas foi feita pelo método macro Kjeldahl (AOAC, 2005), utilizando-se o fator de conversão do nitrogênio em proteínas 5,75.

2.2.5 Carboidratos

Os carboidratos foram obtidos por diferença dos demais constituintes (proteínas, lipídios, cinzas e umidade).

2.2.6 Valor Energético

O valor calórico das farinhas foi calculado utilizando-se os fatores de conversão ATWATER: 4 kcal/g para proteínas, 4 kcal/g para carboidratos e 9 kcal/g para lipídios (WATT e MERRYLL, 1963).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade das farinhas é determinada por variedade de características, que podem ser classificadas em físicas, químicas, enzimáticas e funcionais (RASPER, 1991). Dentre as características físicas e químicas, o estabelecimento da composição centesimal está diretamente relacionado à classificação desses produtos, em relação aos padrões de qualidade e identidade. O teor de cinzas, por exemplo, tem a função de classificação para farinhas de trigo e indica a presença de sais minerais contidos no pericarpo e nas primeiras camadas do grão de trigo. Determinam, portanto, o grau de extração e a presença de farelo (ANVISA, 2006). Para o caso especial de farinhas enriquecidas com vitaminas e minerais, os componentes majoritários podem influenciar diretamente na manutenção dos micronutrientes, principalmente durante a estocagem desses produtos. Nesse aspecto, o teor de umidade, por exemplo, é muito importante, por ser um dos principais fatores de aceleração de reações químicas e enzimáticas (GUTKOSKI, JACOBSEN NETO, 2002).

Tabela 1: Composição centesimal das farinhas de amêndoas de chichá e castanha-do gurguéia. Teresina, 2019.

AMOSTRAS (Farinhas)	UMIDADE (%)	CINZA S (%)	LIPÍDIOS (%)	PROTEÍNAS (%)	CARBOIDRATOS (%)
Amêndoa de Chichá Granulação Menor	6,23	2,54	26,1	7,74	57,39
Amêndoa de Chichá Granulação Maior	5,40	3,62	25,5	8,97	56,51
Castanha-do- Gurguéia	4,80	2,21	42,3	6,21	44,48

Fonte: Os autores.

A análise desses produtos demonstrou diferença estatisticamente significativa para todas as características analisadas dos três tipos de amêndoas. Na Tabela 01 está apresentada a composição centesimal das farinhas de amêndoas de chichá e castanha-do-gurguéia. Os resultados são referentes às médias de 3 repetições de cada macronutriente. A farinha da castanha-do-gurguéia foi a que apresentou menor teor de umidade (4,80%) em relação às farinhas de amêndoas de chichá de granulação maior (5,40%) e de granulação menor (6,23%).

Quanto ao teor de cinzas, observou-se uma média de 2,21% para a castanha-do-gurguéia, 2,54% e 3,62% para amêndoa de chichá granulação maior e granulação

menor, respectivamente. Não houve diferença estatística significativa entre as médias. Os teores de cinzas da amêndoa de chichá são próximos aos obtidos por Silva e Fernandes (2011) para amêndoa de chichá crua 3,69% e torrada 3,99%, em base seca. Quanto ao teor obtido no presente trabalho da castanha-do-gurguéia (2,21%), assemelham-se aos resultados obtidos por Melo (1998) para 2,40% para a castanha crua, e 2,43% para a castanha torrada, em base seca.

No entanto, esta apresentou um perfil lipídico bem diferente e maior (42,3%) do que as farinhas de amêndoas de chichá de granulação menor (26,1%) e de granulação maior (25,5%).

No que se refere às proteínas totais a farinha de amêndoa de chichá de granulação maior (8,97%) apresentou maior teor, enquanto que na granulação menor o teor foi intermediário (7,74%) em relação às demais farinhas. A farinha de castanha-do-gurguéia foi que apresentou o menor teor de proteínas (6,21%).

O teor de carboidratos totais foi maior na farinha de amêndoa de chichá, que nas granulações menor e maior se assemelharam, respectivamente (57,39% e 56,51%) do que na farinha de castanha-do-gurguéia (44,48%). A porcentagem de cinzas determinada na farinha de amêndoa de chichá granulação maior (3,62%) e de granulação menor (2,54%) foram semelhantes ao estudo de Carvalho et al. (2008) que analisou as mesmas castanhas. Além disso, no que se referem à umidade, lipídios e proteínas todas diferiram estatisticamente entre si.

Em relação ao teor de lipídios das amostras analisadas, observou-se que as farinhas de amêndoa de chichá de granulação menor (26,1%) e granulação maior (25,5%) se aproximou dos resultados obtidos por Araújo (1997) e Chaves et al., (2004) para a mesma amêndoa. Além do mais, a farinha de castanha-do-gurguéia apresentou teor de lipídios (42,3%) bem próximo a análise da mesma feita por Neiva e Moreira-Araujo (2015).

Os maiores obstáculos ao consumo *in natura* das diversas amêndoas em quantidades elevadas são os seus altos teores de lipídios, os quais ao serem ingeridos, mesmo em pequenas quantidades, causam complicações gastro-intestinais (diarréias), além de proporcionarem ganho de peso mais rápido (CARVALHO, 2008). É indicado o conselho de moderação no consumo de castanhas, principalmente, a castanha de caju, em função do risco de “desarranjos” intestinais e do aumento de peso (ARAÚJO, 1997). No que se refere ainda a castanha de caju, Lima e Borges (2004) estudaram as condições de armazenamento com relação à influência da

embalagem e da salga. Neste aspecto, a amêndoa de chichá apresentou grande vantagem em relação às demais amêndoas, pois seu teor de lipídios foi cerca de 48% menor do que o da castanha de caju.

Baseado nos teores médios de carboidratos (7,0%), determinados por Franco (2004) na Castanha-do-Brasil, a farinha de amêndoas de chichá de granulometria menor, a farinha de amêndoas de chichá de granulometria maior e a farinha de castanha-do-gurguéia apresentaram teores médios de carboidratos respectivamente de: 57,39; 56,51 e 44,48%; resultados estes maiores aos do referido autor.

Tabela 2: Valor energético total das farinhas de castanhas analisadas em comparação a outro estudo. Teresina, 2019.

AMÊNDOAS/CASTANHA (Farinhas)	RESULTADOS OBTIDOS (kcal/g)	CARVALHO (2005) (kcal/g)
Amêndoa de Chichá Granulometria Menor	495,42	499,2
Amêndoa de Chichá Granulometria Maior	491,42	499,2
Castanha-do-Gurguéia	583,43	578,5

Fonte: Os autores.

Na Tabela 02, há a comparação dos valores energéticos totais (VET) calculado em kcal com o estudo realizado por Carvalho (2005), assim, pode-se verificar uma semelhança e proximidade nos valores obtidos, reforçando a média do valor energético dessas castanhas. Observou-se que a farinha de castanha-do-gurguéia no presente estudo apresentou um valor energético mais elevado (583,43), comparado aos valores da farinha de amêndoa de chichá de granulação menor (495,42) e da farinha de amêndoa de chichá de granulação maior (491,42). Esses valores se mostram próximos do determinado por Carvalho (2005), que apresentou na farinha da castanha-do-gurguéia valor energético maior (578,50kcal) comparado à farinha de amêndoa de chichá (499,20kcal), sem identificação da granulometria.

4. CONCLUSÃO

Concluiu-se, portanto, que as três farinhas analisadas se apresentaram como excelentes fontes de gorduras, destacando-se a farinha de castanha-do-gurguéia, e de carboidratos, destacando-se as farinhas de amêndoas de chichá. O teor de macronutrientes das farinhas estudadas demonstra que tem características comparáveis às demais castanhas disponíveis no mercado mundial.

REFERÊNCIAS

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Legislação em Vigilância Sanitária**. 2006.

ARAÚJO, E. C. E. Chichá (*Steculia striata* St. Hil. et Naud.): uma nova opção para os mercados nacional e internacional de nozes. **Informativo SBF**, v. 16, n. 04, p. 13-14, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed., v.2. Arlington: A.O.A.C., 2005.

BALERONI, C.R.S.; MORAES, M.L.T.; MORAES, S.M.B.; SOUZA, C.S.; SÁ, M.E. Composição química de sementes das espécies florestais Mamica-de-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Trec), Marolo arbóreo (*Annona crassiflora* Mart.), Marolo rasteiro (*Annona dióica* St. Hil.), Chichá-do-cerrado (*Sterculia A* St. Hil. Ex Turpin) elmbuia (*Ocotea porosa* (Nees) L. Barroso). **Ciê. Agr. Saúde**, Andradina, v.2, n°.1, p: 28-32. jan.-jun., 2002.

CARVALHO, M.G; COSTA, J. M. C; SOUZA, V. A. B.; MAIA, G. A. Avaliação dos parâmetros físicos e nutricionais de amêndoas de chichá, sapucaia e castanha-do gurguéia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 517-523, out-dez, 2008.

CARVALHO, M. G.; SOUZA, V. A. B; ALVES, R. A. **Caracterização nutricional de nozes de chihá, castanhado-gurguéia e sapucaia, in natura e torradas**. 41 f. Monografia (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí, Teresina. 2005.

CHAVES, M. H. et al. Caracterização química do óleo da amêndoa de *Sterculia striata* St. Hill. et Naud. **Química Nova**, São Paulo, SP, v. 27, n. 03, p. 404-408, 2004.

FELIPE, E. M. F. et al. Avaliação da qualidade de parâmetros minerais de pós alimentícios obtidos de casca de manga e maracujá. **Alimentos e Nutrição**, v. 17, n. 01, p. 79-83, 2006.

FRANCO, G. **Composição nutricional de algumas frutas (por 100 g de porção comestível)**. 2004. Disponível em: <<http://www.nucleoestudos.u2a.br/nefrut/tabela1>>. Acesso em 13/10/2018.

GUTKOSKI, L.C. et al. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 02, p. 355-363, 2007.

GUTKOSKI, L. C., JACOBSEN NETO, R. Procedimento para teste laboratorial de panificação – pão tipo forma. **Ciê. Rur.**, v.32, p. 873-879, 2002.

MELO, M.L.P. et al . Caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) crua e tostada. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas , v. 18, n. 2, p. 184-187, maio 1998 .

NASCENTE, A. S. **Valor alimentício das frutas**. 2007. Disponível em: <http://www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/Artigos/valor_alim.htm>. Acesso em: 20 de novembro de 2018.

NEIVA, R.C., MOREIRA-ARAÚJO, R.S.R. **Elaboração de cookie utilizando a castanha-do-gurguéia (*Dipteryx Lacunifera* Ducky)**. VI Seminário em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – SDTI. 2015.

POTT, A.; POTT, V.; SOBRINHO, A. A. B. **Plantas úteis à sobrevivência no Pantanal**. IV Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal. Corumbá-MS, 2004.

QUEIROGA NETO, V. et al. *Dipteryx lacunifera* seed oil: characterization and thermal stability. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 06, p. 1601-1607, 2009.

RASPER, V. F. Quality evaluation of cereal and cereal products. **In**: LORENZ, K.J.; KULP, K., eds. Handbook of cereal science and technology. New York: Marcel Dekker, p. 595-638, 1991.

RIBEIRO et al. **Baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. Jaboticabal: Funep, 2000, 41 p. (Série Frutas Nativas, 10).

SILVA, Aline Gomes de Moura e; FERNANDES, Kátia Flávia. Composição química e antinutrientes presentes nas amêndoas cruas e torradas de chicha (*Sterculia striata* A. St. Hill & Naudin). **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 305-314, Abr. 2011.

SILVA, C. G. M. et al. Caracterização físico-química e microbiológica de farinha de algaroba (*Prosopis Julífera* (Sw.) D.C). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 04, p. 733-736, 2007.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Avaliação sensorial de cereais matinais de Castanha-do-Brasil com mandioca extrusadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 04, p. 950-955, 2006.

VIEIRA JÚNIOR, G. M. et al. Terpenos e ácidos graxos de *Dipteryx lacunifera* Ducke. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 07 p. 1658-1662, 2007.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of Foods: raw, processed, prepared**. Washington DC: Consumer and Food Economics Research, 1963.

CAPÍTULO 12

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO HIDROMEL TIPO DOCE

Isabelle Valente de Oliveira

Graduanda em Engenharia de Alimentos pela Faculdade de Ciências Agrárias - FCA

Instituição: Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus - AM, Brasil.

E-mail: belle.valente@outlook.com

Bruna Mie Okaneku

Graduanda em Engenharia de Alimentos pela Faculdade de Ciências Agrárias - FCA

Instituição: Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus - AM, Brasil.

E-mail: bruna-mie@outlook.com

Charline Soares dos Santos Rolim

Graduanda em Engenharia de Alimentos pela Faculdade de Ciências Agrárias - FCA

Instituição: Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus - AM, Brasil.

E-mail: charlinerolim@gmail.com

Daiane Lavareda Araujo

Graduanda em Engenharia de Alimentos pela Faculdade de Ciências Agrárias - FCA

Instituição: Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus - AM, Brasil.

E-mail: daianelavareda@gmail.com

Leonardo do Nascimento Rolim

Doutor em Microbiologia pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Instituição: Centro Universitário FAMETRO

Endereço: Av. Constantino Nery, 3204 - Chapada, Manaus - AM, Brasil.

E-mail: leonardorolim@yahoo.com.br

Emerson Cardoso Rodrigues

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia – PRODERNA

Instituição: Universidade Federal do Pará - UFPA

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém - PA, Brasil.

E-mail: mersone7@yahoo.com.br

Wenderson Gomes dos Santos

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia – PRODERNA

Instituição: Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus - AM, Brasil.

E-mail: wenderson@ufam.edu.br

RESUMO: O hidromel é considerado a bebida mais antiga que se conhece elaborada de forma artesanal e em pequena escala. Sendo uma bebida pouco conhecida e explorada no Brasil, o presente estudo busca gerar informações científicas acerca da produção e caracterização de hidromel de modo a contribuir com a comunidade científica além de fornecer subsídios para o desenvolvimento do produto e agregação de valor à matéria prima, propondo uma nova oportunidade de negócio aos apicultores da região. O objetivo é produzir e caracterizar o hidromel tipo doce, quanto suas propriedades físico-químicas e microbiológicas. O mel para o desenvolvimento do estudo foi adquirido na AGROUFAM. Para isso, variou-se as concentrações iniciais de sólidos solúveis totais (SST) em 20, 25 e 30 °Brix. O produto final foi caracterizado através de análises físico-químicas e microbiológicas. Os resultados demonstraram que as amostras analisadas asseguravam que o produto final estava fora de contaminação e estava com os parâmetros de acordo com a legislação brasileira. O acompanhamento da cinética de fermentação do mel permitiu inferir que o tempo ótimo para realizar o processo é de em torno de 10 dias, obtendo-se um teor de sólidos solúveis totais próximo a 14 °Brix e teor alcoólico dentro da legislação vigente (4 e 14% v/v). As três concentrações de °Brix parecem ser adequadas para produção de hidromel, no entanto, elas diferem quanto ao teor alcoólico e a acidez total, produzindo bebidas ligeiramente diferentes.

PALAVRAS-CHAVE: Hidromel. °Brix. Fermentação.

ABSTRACT: The mead is considered the oldest drink known to be made on a small scale. Being a little known and explored beverage in Brazil, this study aims to generate scientific information about the production and characterization of mead in order to contribute to the scientific community and provide subsidies for product development and adding value to the raw material, proposing a new business opportunity to beekeepers in the region. The objective is to produce and characterize the sweet type mead, as well as its physical-chemical and microbiological properties. The honey for the development of the study was acquired at AGROUFAM. For this, the initial concentrations of total soluble solids were varied at 20, 25 and 30 °Brix. The final product was characterized by physical-chemical and microbiological analyses. The results showed that the analyzed samples ensured that the final product was out of contamination and met the parameters according to Brazilian legislation. The monitoring of the kinetics of honey fermentation allowed us to infer that the optimal time to perform the process is around 10 days, obtaining a total soluble solids content close to 14 °Brix and alcohol content within the current legislation (4 and 14% v/v). The three concentrations of °Brix seem to be suitable for mead production, however, they differ in alcohol content and total acidity, producing slightly different beverages.

KEYWORDS: Mead, °Brix, Pumping, Fermentation.

1. INTRODUÇÃO

O mel é um produto natural, versátil e altamente fermentescível, com sabor e aroma característicos, e devido à grande variação de cores e sabores, é um ingrediente e adoçante que pode ser utilizado na produção de bebida, promovendo um sabor diferenciado (CRANE, 1987). Ele é responsável por fornecer notas florais de aroma à bebida, por meio dos néctares utilizados em sua produção, assim como a adição de outros constituintes, como o pólen (SMITH, 2009). Matietto et al., (2006) relata que o aproveitamento do mel, na fabricação de produtos alimentícios, vem como uma alternativa complementar na renda familiar de apicultores, agregando valor aos produtos, com tecnologias relativamente simples para a comercialização de produtos artesanais, sendo uma delas, a produção de hidromel.

O hidromel é considerado a bebida mais antiga que se conhece (AQUARONE et al., 1983). O hidromel, segundo o Decreto nº 6871 de 4 de julho de 2009, "... é a bebida com graduação alcoólica de 4 a 14% em volume, 20°C, obtida pela fermentação alcoólica de solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável" (BRASIL, 2009). É uma bebida elaborada de forma artesanal e em pequena escala, na maioria das vezes por apicultores. Essa bebida ainda não motiva o interesse comercial por parte da indústria brasileira de bebidas, sejam elas de grande, médio ou pequeno porte. Além dessa formulação básica, o mosto, como é chamada esta mistura, pode ser acrescido de ervas e/ou frutas, gerando bebidas fermentadas das mais variadas colorações e sabores (VARGAS; GULLING, 1999; SCHRAMM, 2003).

Sendo uma bebida pouco conhecida e explorada no Brasil, talvez pela falta de conhecimento e/ou estudos tecnológicos para obtenção dos mesmos o presente estudo busca gerar informações científicas acerca da produção e caracterização de hidromel de modo a contribuir com a comunidade científica além de fornecer subsídios para o desenvolvimento do produto e agregação de valor à matéria prima, propondo uma nova oportunidade de negócio aos apicultores da região.

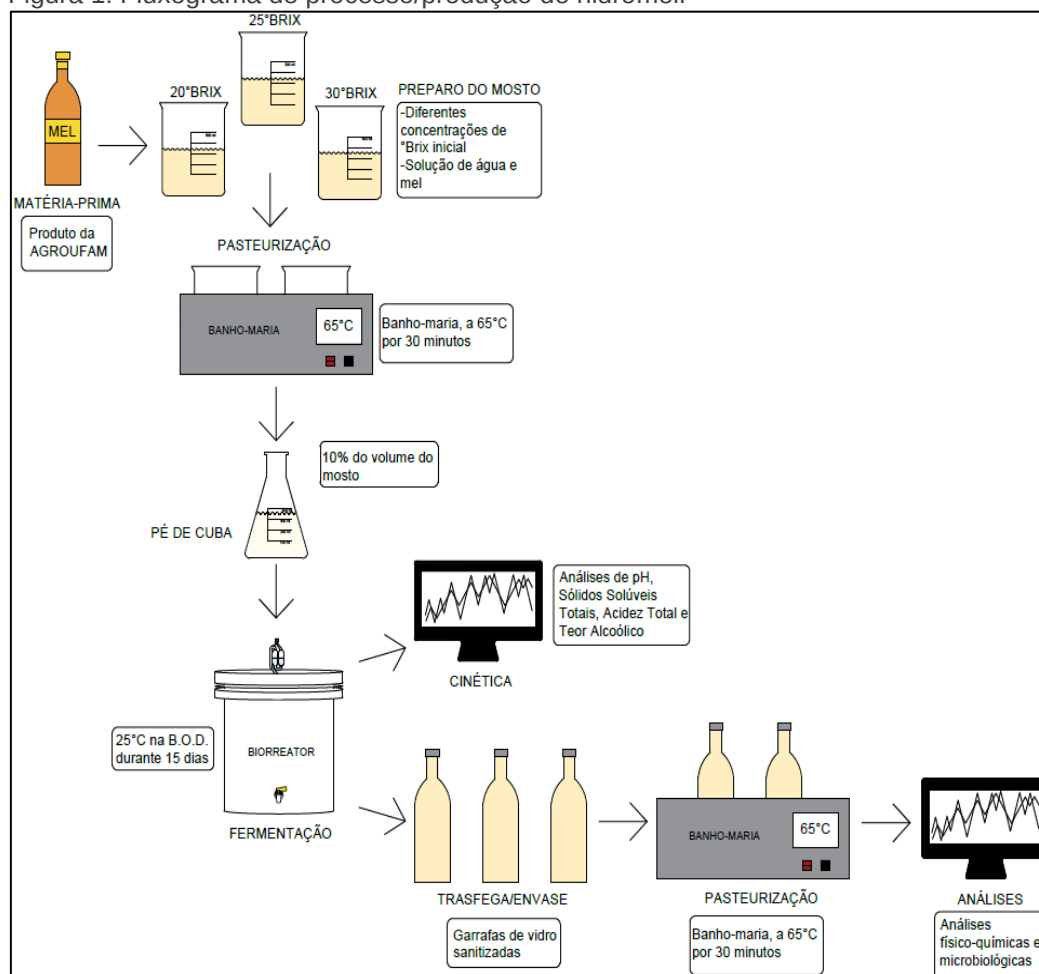
2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa desenvolve-se no Laboratório de Termodinâmica aplicada da Faculdade de Ciências Agrárias. Utiliza-se o mel como matéria-prima, no qual é um produto concentrado de açúcares com predominância de glicose e frutose, obtido na AGROUFAM, na cidade de Manaus.

Para produção e caracterização do hidromel tipo doce, utiliza-se a metodologia adotada por Mattietto et al., (2006), com algumas modificações.

No fluxograma da Figura 1, apresenta-se o processo para a produção do Hidromel.

Figura 1: Fluxograma de processo/produção de hidromel.



Fonte: Os autores (2019).

Fabricação do Hidromel: A obtenção do hidromel segue procedimentos semelhantes de fabricação de um vinho de uva, com as operações de preparo e correção do mosto, preparo de pé de cuba, inoculação de leveduras, fermentação e envase.

Higienização dos Materiais: Efetuado a lavagem com água e detergente de todos os recipientes, garrafas, espátulas, funis, etc. Depois do enxágue, prepara-se uma solução de hipoclorito de sódio a 100 mg/L de cloro ativo deixando o material imerso por 30 minutos. Realiza-se um novo enxágue, com água quente, até que não restasse nenhum odor de cloro nos recipientes e demais utensílios.

Preparo do Mosto: Na cuba de fermentação, mistura-se o mel com água potável numa proporção que se obtivesse diferentes mostos de 30, 25 e 20 °Brix. Para tal, foi estipulado a quantidade de mosto que se deseja produzir, medindo o °Brix inicial do mel através de um refratômetro manual com escala de 0 a 32 °Brix. Com a quantidade de mel e água adequada, o mosto pode ser preparado, simplesmente, misturando-os na cuba de fermentação, com auxílio de um funil para evitar perdas. Impedir que o mosto dentro da cuba ultrapasse 2/3 do total disponível do recipiente. Em relação à quantidade de mosto preparado, reserva-se 10 % do volume total em água potável e separa-o para o preparo do pé de cuba. A formulação aqui proposta produziu um hidromel do tipo doce, não sendo necessária a adição de nenhum suplemento nutricional no mosto, tampouco a correção de sua acidez (condições válidas somente na utilização do mel de Apis).

Preparo do Pé de Cuba: O volume de água potável correspondente aos 10% do mosto foi pasteurizado a 65 °C por 30 minutos. A alíquota resfria-se e o fermento é adicionado somente quando a temperatura atingir um valor menor que 30 °C. Recomenda-se a proporção de 0,5 g de fermento/litro de mosto. Depois de pasteurizado, mantém-se o pé de cuba a 20 °C por 5 minutos, em recipiente fechado. Após esse tempo, pasteuriza-se o restante do mosto a 100 °C por 2 minutos, resfriado e adicionado o pé de cuba formulado.

Fermentação: O processo de fermentação durou de 15 dias, dependendo das condições de processo e da forma em que foi conduzido. Para tal, foi acompanhado, em função da conversão dos açúcares presentes pela ação das leveduras adicionadas no mosto. De forma prática, avalia-se pelo consumo de açúcar, por meio de medidas do teor de sólidos solúveis do mosto, com auxílio de refratômetro. Quando não houve mais variação nas medidas, o processo é encerrado. A temperatura de fermentação ficou em torno de 20 °C. A determinação do teor alcoólico em volume foi realizada por meio de refratômetro manual com escala 0 a 25 %.

Cinética da Fermentação: O processo fermentativo foi monitorado durante todo o tempo determinando-se o pH, a acidez total titulável, os sólidos solúveis totais (°Brix) e o Grau alcoólico (°GL). As análises foram realizadas diariamente até o término da fermentação, a qual durou 15 dias, seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Trasfega e Sifonação: O hidromel é transferido para outro garrafão sanitizado, para evitar que o mesmo fique em contato com os sedimentos formados. A sifonação poderá ser feita com auxílio de uma bomba de vácuo e pressão.

Clarificação: Prepara-se uma solução de gelatina a 20 % e para cada litro de mosto, recomendado a adição de 6 ml desta solução. Geralmente, nesta concentração o processo de clarificação dura 1 mês. Certificando sempre que o recipiente onde se encontrará a bebida estará vedado, sem permitir entrada de ar. De preferência, nesse tempo de espera, será mantido o produto armazenado sem contato com a luz.

Engarrafamento e Pasteurização: Com o hidromel clarificado será adicionado nas garrafas de vidro, sanitizadas previamente. Com o produto engarrafado faremos a pasteurização em banho maria a uma temperatura de 65 °C por 30 minutos, com o objetivo de cessar a fermentação e eliminar possíveis microrganismos patogênicos. Após a pasteurização, o hidromel deverá ser resfriado em água corrente e armazená-lo em temperatura ambiente.

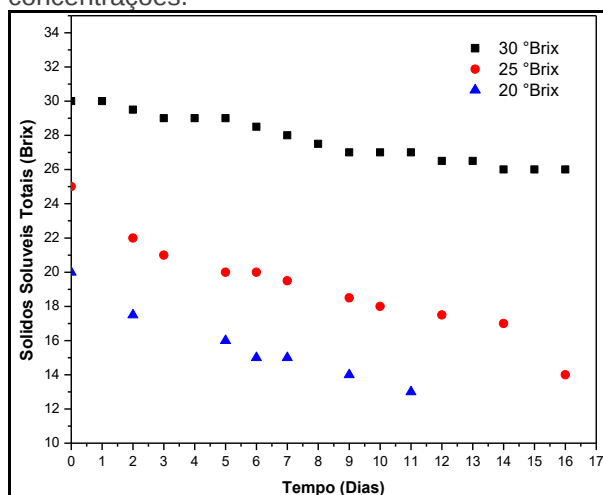
Análises Físico-químicas: Com o produto finalizado, o fermentado será analisado quanto ao grau alcoólico, o pH, a acidez total titulável, sólidos solúveis totais (°Brix), seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Análises Microbiológicas: Após a finalização do fermentado, será realizada análises microbiológicas em amostras em triplicata das concentrações de 20, 25 e 30 °Brix, de forma a evidenciar a presença ou não de Coliformes Totais e Salmonella sp.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO

Gráfico 1: Consumo de sólidos solúveis totais durante a fermentação do mel em diferentes concentrações.



Fonte: Os autores (2019)

Analisando os gráficos, tem-se que, durante o processo fermentativo houve modificação do °Brix. À medida que ocorria a diminuição dos sólidos solúveis totais (SST), o teor alcoólico aumentava na decorrência do consumo do substrato pela levedura. O valor do °Brix muito alto causa uma fermentação irregular sobrando açúcares no final da fermentação enquanto que do °Brix muito baixo causa uma eficiência baixa no processo já que o açúcar é a base alimentícia da levedura (QUEIROZ et al., 2014).

Diante dos valores apresentados no gráfico 1, pode-se constatar que houve um consumo progressivo dos açúcares, estando dentro dos parâmetros para um Hidromel do tipo doce. No gráfico, verifica-se a presença de 3 regiões. Na primeira região (do 0° ao 2° dia), no início da fermentação, caracterizada pela adaptação da levedura. Nessa etapa as leveduras do pé de cuba foram postas em contato com o mosto a ser fermentado. Observa-se que nessa etapa, nos experimentos de 25 e 30 °Brix iniciais, houve rápido declínio dos sólidos solúveis, mostrando que a etapa de pé de cuba foi eficiente, eliminando a etapa de adaptação. No experimento com 30 °Brix inicial, foi possível observar essa fase de adaptação, provavelmente pela maior concentração de SST inicial, causando uma certa inibição pelo substrato.

Em comparação com outra literatura, ocorre a mesma diminuição de sólidos solúveis durante a fermentação, com diferentes constâncias de sólidos solúveis, os mostos do hidromel tradicional e do hidromel saborizado com morango apresentavam em sua composição 24,6 e 24 °Brix, respectivamente. O teor de sólidos solúveis reduziu durante o processo de 24,6 a 10,9 °Brix para o hidromel tradicional e de 24 a 10,2 °Brix para o hidromel saborizado com morango (COSTA, 2016).

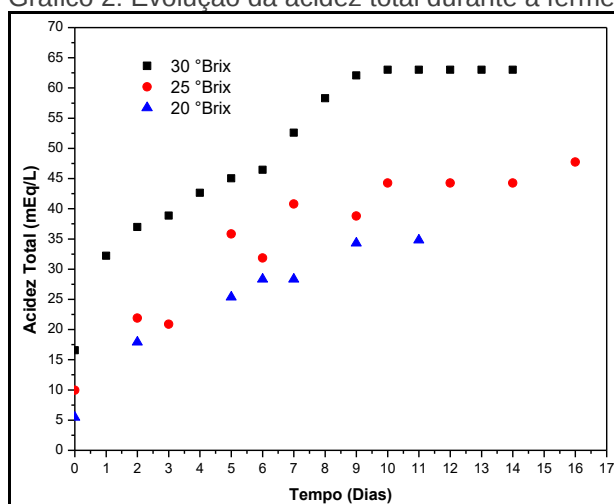
Na segunda região, que avança até o 9° dia, há um rápido consumo de sólidos solúveis. Isso pode ser explicado pelo crescimento exponencial do número de células, também conhecida como fase exponencial, que por sua vez consomem mais nutrientes. Na terceira região (do 10° ao 15° dia), caracterizada pela fase estacionária, o crescimento da população é limitado pela diminuição de nutrientes disponíveis. Como consequência, a taxa de crescimento diminui até estagnação. De acordo com Dantas e Silva (2017), a constância no teor de sólidos solúveis totais é um indicativo do fim da fermentação. Essa terceira fase é bem explícita no experimento com 30 °Brix.

Segundo Sroka e Tuszyński (2007), mostos que contêm concentrações mais elevadas de açúcar podem causar a inibição do processo fermentativo, devido às

pressões osmóticas excessivas. O decréscimo do teor de sólidos mostrado indica que ocorreu a conversão de açúcar em álcool, ou seja, durante o processo houve um baixo consumo de substrato nos primeiros dias, em decorrência da adequação dos microrganismos no meio. A partir desse período foi possível notar a redução dos níveis de açúcares e consequentemente a formação do produto.

No gráfico de acidez (gráfico 2), a acidez total (mEq/L) está em função do tempo, em dias. Observa-se que a acidez total teve uma crescente evolução no decorrer do tempo, atingindo seu ápice no 10º dia. Observa-se que o mel atribui acidez ao mosto (acidez total, fixa e volátil), fato esperado, pois o mel é constituído por cerca de 0,57 % de ácidos orgânicos (o ácido glucônico está presente em maior quantidade), que são os responsáveis pela acidez do mel, além de contribuírem consideravelmente para o seu sabor característico (ANKLAM, 1998; CAMARGO et al, 2006). Nos dias seguintes, o valor da acidez não se altera consideravelmente, estabilizado, caracterizando a fase de maturação da bebida. Esse comportamento pode estar associado ao metabolismo das leveduras, as quais liberam ácidos orgânicos durante o processo fermentativo (JONES et al., 1981).

Gráfico 2: Evolução da acidez total durante a fermentação do mel em diferentes concentrações.



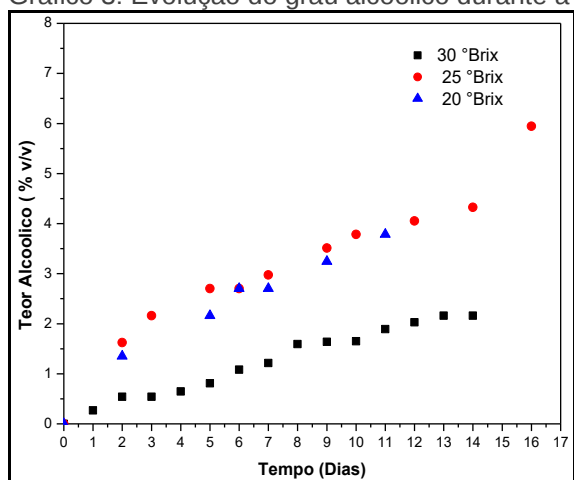
Fonte: Os autores (2019)

No gráfico 3, é possível observar a curva do grau alcóolico, este em função do tempo em dias, cujo se nota um crescimento substancial, quase linear, entre os dias estudados. Este parâmetro depende do valor de sólidos solúveis totais (°Brix), logo, verifica-se que os valores do etanol apresentam uma tendência a se estabilizar no 10º

dia. A maior concentração de álcool nas bebidas fermentadas contribui para sua melhor conservação (BRUNELLI et al., 2017).

A concentração de etanol é determinada pelo consumo de sacarose pelas leveduras convertendo cada 2 °Brix em aproximadamente 1 °GL (Corazza et al., 2001). Comparando com estudos semelhantes, foi observado um teor alcoólico de 6,85 °GL para o hidromel tradicional e de 6,9 °GL para o hidromel saborizado com morango (COSTA, 2016). Como descrito por Vargas e Gulling (1999) o hidromel deve apresentar entre 4 e 14 °GL para estar adequado à definição de hidromel.

Gráfico 3: Evolução do grau alcoólico durante a fermentação do mel em diferentes concentrações.

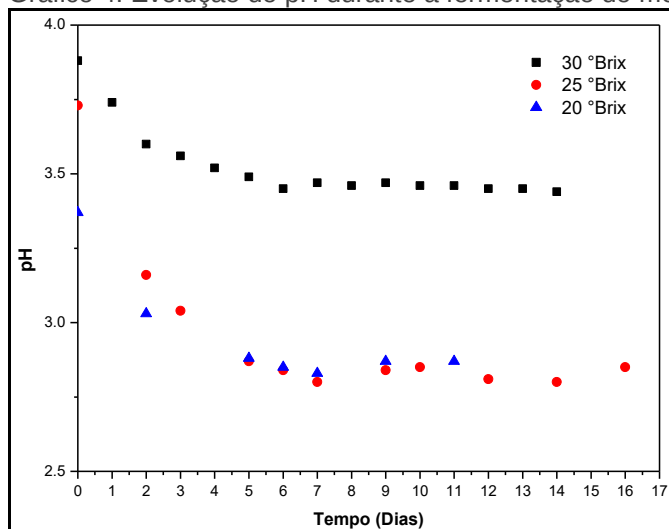


Fonte: Os autores (2019)

Analisando o pH do processo fermentativo como mostrado no gráfico 4, observa-se que houve variação do mesmo nos primeiros dias, que se encontrava durante todo processo menor que quatro e maior ou igual a três ($3 \leq \text{pH} < 4$) (QUEIROZ et al., 2014). Na primeira região (do 0° ao 2° dia) houve um substancial queda de pH, o que era esperado pela rápida adaptação das leveduras. Do 2° ao 5° dia a taxa de declínio de pH foi reduzido, indicando que a conversão de açúcares em álcool estava reduzindo, talvez pela diminuição do substrato. A partir 5° dia, observou-se que houve a estabilização deste parâmetro nos 3 experimentos realizados. O pH dos experimentos com 30, 25 e 20 °Brix estabilizaram em torno de 3,5, 2,8 e 2,8, respectivamente. O pH baixo não impede que as leveduras cresçam, porém inibe o crescimento bacteriano, beneficiando a produção de hidromel e reduzindo a contaminação da bebida por micro-organismos indesejáveis. As bebidas apresentaram valores de pH inferiores a 4,0; caracterizando-as como um alimento ácido, favorecendo sua conservação (EVANGELISTA, 2008). Esperava-se que os hidroméis apresentassem relação inversa entre pH e acidez total; entretanto, o pH do

mel não está diretamente relacionado com a sua acidez total, devido à ação de tamponamento de ácidos e sais encontrados no mel (DE RODRÍGUEZ; FERRER; FERRER, 2004).

Gráfico 4: Evolução do pH durante a fermentação do mel em diferentes concentrações.



Fonte: Os autores (2019)

3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO FERMENTADO FINAL DAS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

As análises físico-químicas realizadas no fermentado demonstraram que o produto, com 25 °Brix inicial, está em conformidade com a Instrução Normativa Nº 34, de 29 de novembro de 2012, que estabelece a complementação dos padrões de identidade e qualidade para bebidas fermentadas, na Tabela 1 (BRASIL, 2012).

Tabela 1: Caracterização físico-química dos hidroméis produzidos com diferentes concentrações de °Brix.

Parâmetros	30 °Brix	25 °Brix	20 °Brix	Brasil, 2012
Grau alcoólico (% v/v)	3,69 ^a ± 0,16	5,40 ^b ± 0,00	3,78 ^a ± 0,00	4 - 14 (%v/v)
Acidez total (mEq/L)	53,38 ^a ± 7,33	45,76 ^a ± 4,34	37,14 ^b ± 2,50	50 – 130 (mEq/L)
pH	2,90 ^a ± 0,02	2,84 ^a ± 0,04	2,89 ^a ± 0,05	-
Sólidos solúveis totais (°Brix)	23,17 ^a ± 0,29	15 ^b ± 0,00	13 ^c ± 0,00	-

Os resultados representados referem-se a médias das determinações em triplicatas, seguidos do respectivo desvio padrão; Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Os autores (2019)

De acordo com a análise estatística das características físico-químicas das amostras de hidromel (Tabela 1) as variáveis: grau alcoólico, acidez total, pH e sólidos solúveis totais, apresentaram diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre todas as amostras estudadas, apresentando-se a influência que as concentrações de °Brix tiveram sobre o nível desses componentes. As taxas de pH foram menos dependentes das concentrações de °Brix, como comprovaram alguns valores para essa característica que não apresentou diferenças significativas.

O teor alcoólico da bebida apresentou-se dentro do padrão estabelecido, atingindo teor alcoólico entre 3,69 a 5,40 °GL, próximo ao valor estabelecido pela legislação. O valor baixo de grau alcoólico pode estar relacionado à principal fonte de carboidrato utilizada pela levedura, a principal fonte de substrato para a levedura é a sacarose. Para consumir a sacarose, a *Saccharomyces cerevisiae* precisa hidrolisá-la a glicose e frutose antes de ser metabolizada a etanol, o que diminui a atividade metabólica deste microrganismo (PAULA, 2011).

Conforme o Decreto nº 6.871/2009, art. 48 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), referente a bebidas alcoólicas, um fermentado de mel, o Hidromel, é a bebida com graduação alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida pela fermentação alcoólica de solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável. O álcool etílico é o produto mais relevante do processo de fermentação, compondo cerca de 95 % dos álcoois formados na fermentação. Outros álcoois estão presentes em menor proporção, como isobutílico, isoamílico, entre outros (DANTAS; SILVA, 2017).

Em relação à acidez total encontrada, apenas o hidromel com concentração 30 e 25 °Brix, sendo 53,38 e 45,76 mEq/L, está de acordo com estabelecido pela Instrução Normativa Nº 34, e de acordo com os valores da legislação para hidromel, permitem um conteúdo mínimo de 50 mEq/L e máximo de 130 mEq/L (BRASIL, 2012).

Controlar o nível de acidez (ou pH) durante e após a fermentação é muito importante e influencia diretamente no sabor e no caráter do Hidromel. A bebida deve ser ligeiramente ácida. O mosto deve atingir um pH de cerca de 3,8 ou 3,9 que permitirá o Hidromel fermentar e chegar a um valor final de pH de ($3 \leq \text{pH} < 4$). As leveduras preferem um ambiente ácido, porém muitos outros organismos não (VALKNUT, 2016).

O pH é um fator importante que influencia na acidez. O valor de pH do fermentado de mel é de 3,45, de acordo com estudos realizados para hidromel. Um

pH relativamente baixo confere características de frescor as bebidas fermentadas (ASQUIERI et al., 2004). Bebidas com elevado pH possuem maior susceptibilidade ao ataque de microrganismos indesejáveis (VOGT, 1972).

3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Os resultados das análises microbiológicas para detecção de salmonelas e coliformes (Tabela 2) mostraram que estas se encontravam de acordo com a legislação vigente, à qual estabelece ausência de *Salmonella* em 25 ml e um limite máximo de 5×10^2 coliformes a 45°C/g das amostras de acordo com a Resolução - RDC Nº 12, de 02 de Janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), uma vez que não foram encontrados tais agentes nas amostras.

Tabela 2: Análises microbiológicas do fermentado de mel em diferentes concentrações.

Análises	Resultados		
	30 °Brix	25 °Brix	20 °Brix
Coliformes Totais	< 3 NMP/ml	< 3 NMP/ml	< 3 NMP/ml
Coliformes Termotolerantes	< 3 NMP/ml	< 3 NMP/ml	< 3 NMP/ml
<i>Salmonella</i> sp.	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Os autores (2019)

4. CONCLUSÃO

O processo de produção do fermentado de mel, Hidromel, apresentou características físico-químicas que atendem aos limites estabelecidos pela legislação vigente, mostrando-se positivo, uma vez que os objetivos de produção, caracterização e cinética foram concluídos, descobrindo os mostos mais adequados que geraram fermentados alcoólicos dentro dos parâmetros de fabricação.

A caracterização do hidromel, com concentração 30 °Brix inicial, apresentou acidez total de 53,38 mEq/L; pH de 2,90; 23,17 °Brix final e teor alcoólico de 3,69 % v/v. O fermentado com concentração 25 °Brix inicial obteve acidez total de 45,76 mEq/L; pH de 2,84; 15 °Brix final e teor alcoólico de 5,40% v/v. E para o fermentado com concentração 20 °Brix, atingiu-se acidez total de 37,14 mEq/L; pH de 2,89; 13 °Brix final e teor alcoólico de 3,78 % v/v.

O acompanhamento da cinética de fermentação do mel permitiu inferir que o tempo ótimo para realizar de tal processo é de em torno de 10 dias, obtendo-se °Brix

no valor próximo a 14 e valores entre 4 e 14 % v/v de teor alcoólico, através da legislação como referência.

As propriedades físico-químicas do hidromel enquadraram-se às legislações vigentes. As três concentrações de °Brix parecem ser adequadas para produção de hidromel, no entanto, elas diferem quanto ao teor alcoólico e a acidez total, produzindo bebidas ligeiramente diferentes.

As análises microbiológicas com as amostras de hidromel asseguram que o produto está em conformidade com a legislação brasileira vigente em relação a presença de salmonella sp. e coliformes totais.

REFERÊNCIAS

- ALVES R. M. O.; CARVALHO C. A. L.; SOUZA B. A.; SODRE G. S.; MARCHINI L. C. Physico-chemical characteristics of honey samples of stingless bee *Melipona mandacaia* Smith (Hymenoptera: apidae). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.644-650, 2005.
- ANKLAM, E. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. **Food Chemistry**, Barking, London, v. 63, n. 4, p. 549-562, 1998.
- AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. Alimentos e bebidas produzidos por fermentação. São Paulo: Edgard Blücher, 1983, v. 5.
- ASQUIERI, E. R.; DAMIANI, C.; CANDIDO, M. A.; ASSIS, E. M. Vino de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg): Estudio de las características físico-químicas y sensoriales de los vinos tinto seco y dulce, fabricados com la fruta integral. *Alimentaria*, n. 355, p. 111-122, 2004.
- BARBOSA, A. L.; PEREIRA, F. M.; VIEIRA NETO, J. M.; REGO, J. G. S.; LOPES, M. T. R.; CAMARGO, R. C. R. Criação de abelhas (apicultura). ABC da Agricultura familiar – EMBRAPA, Brasília, 122p, 2007.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Ministério da Saúde Resolução RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001, que Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 64, de 23 de abril de 2008. Aprova os regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas fermentadas: fermentado de fruta, sidra, hidromel, fermentado de cana, fermentado de fruta licoroso, fermentado de fruta composto e saquê. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 abr. 2008. Seção 1, p. 9.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria nº 229 de 25 de outubro de 1988. Aprovar as Normas referentes a Complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade do Vinho. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 out. 1988.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 34, de 29 de novembro de 2012. Estabelece a complementação dos padrões de identidade e qualidade para as seguintes bebidas fermentadas: fermentado de fruta, sidra, hidromel, fermentado de cana, fermentado de fruta licoroso, fermentado de fruta composto e saquê. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 nov. 2012. Seção 1, p. 9.
- BERRY, B. The global mead market: opportunities for canadian mead exporters. Ottawa, Ontário; Agriculture and Agri-Food Canada, 2007.
- BRUNELLI, L. T.; IAMIZUMI, V. M.; FILHO, W. G. V. Caracterização Físico-Química, Energética e Sensorial de Hidromel Produzido a partir de Cinco Tipos de Leveduras Alcoólica. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, 2017.
- CAC. Codex Stan 12-1981. Codex Alimentarius Commission. **Codex standard for honey**. 2011.

CAMARGO, R. C. R.; PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; WOLFF, L. F. **Mel**: características e propriedades. Cidade: Embrapa Meio-Norte, 2006. 30 p. (Documentos, 150).

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2 ed. Campinas: Editora da Unicamp. 2003.

CHERBULIEZ, T., DOMEREGO, R., 2003. L'apithérapie, médecine dês abeilles. Edition Amyris, p. 255.

CORAZZA, M. L.; RODRIGUEZ, D. G.; NOZAKI, J. (2001). Preparação e caracterização de vinho de laranja. *Química Nova*, 24(4), 449-452.

COSTA, A. M. G. *et al.* Caracterização e Análise Sensorial de Hidromel: Tipo Seco Tradicional e Saborizado com Morango. **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Gramado - RS, 2016.

CRANE, E. O livro do mel. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 226 p

CUEVAS-GLORY, L., PINO, J., SANTIAGO, L., SAURI-DUCH, E., 2007. A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. *Journal Food Chemistry*, 103, 1032-1043.

DANTAS, C. E. A.; SILVA, J.L.A. Fermentado alcoólico de Umbu: Produção, Cinética de fermentação, e caracterização físico-química. HALOS. Currais Novos - RN, v. 02, 2017. Decreto-Lei nº 214/2003 de 18 de Setembro, Diário da República Iª Serie A. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 jun. 2009.

DE RODRÍGUEZ, G. O.; FERRER, B.S.; FERRER, A. Characterization of honey produced in Venezuela. **Food Chemistry**, Oxford, n. 84, p. 499-502, 2004.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 652 p.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu. 1996. 186p.

IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp>. Acesso em: 17. Agosto. 2015.

IGLESIAS, A.; FEÁS, X.; RODRIGUES, S.; SEIJAS, J.A.; VÁZQUEZ-TATO, M.P.; DIAS, L.G.; ESTEVINHO, L.M. Comprehensive study of honey with protected 32 denomination of origin and contribution to the enhancement of legal specifications. *Molecules Basel*, Basel, v. 17, p. 8561–8577, 2012.

IGLESIAS, A.; PASCOAL, A.; CHOUPINA, A.B.; CARVALHO, C.A.; FEÁS, X.; ESTEVINHO, L.M. Developments in the Fermentation Process and Quality Improvement Strategies for Mead Production. *Molecules Basel*, Basel, v. 19, n. 8, p. 12577-12590, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físicos químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo, 2008. 1020 p.

JONES, R. P.; PAMMENT, N.; GREENFIELD, P. F. Alcohol fermentation by yeasts. The effect of environmental and other variables. **Process Biochemistry**, New York, v. 16, p. 42-49, 1981.

KAHOUN, D.; REZKOVA, S.; VESKRNOVA, K.; KRALOVSKY, J.; HOLCAPEK, M.; Determination of phenolic compounds and hydroxymethylfurfural in meads using high performance liquid chromatography with coulometric-array and UV detection. **Journal of Chromatography**, v.15, p.19-33, 2008.

MARCHINI, L.C. Caracterização de amostras de méis de *Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera: Apidae) do Estado de São Paulo, baseada em aspectos físicos-químicos e biológicos. 2001. 111f. Tese (Livre Docência) - ESALQ - USP, Piracicaba, 2001.

MATTIETTO, R. A.; LIMA, F.C. C.; VENTURIERI, G. C.; ARAÚJO, A. A. Tecnologia para obtenção artesanal de Hidromel do tipo doce. Embrapa. Comunicado Técnico 170, p.1-5, 2006.

MCCONNELL, D. S.; SCHRAMM, K. D. Mead success: ingredients, processes and techniques. *Zymurgy*, Boulder, v. 4, p. 33–39, 1995.

MENDES-FERREIRA, A.; COSME, F.; BARBOSA, C.; FALCO, V.; INES, A.; MENDES-FAIA, A. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. **International Journal of Food Microbiology**. 15;144(1):193-8, Nov 2010.

NAVRATIL, M.; STURDIK, E.; GEMEINER, P. Batch and continuous mead production with pectate immobilised, ethanol-tolerant yeast. **Biotechnology Letters**, v.12, p.977-982, Jun 2001.

PAULA, B. Obtenção e caracterização do fermentado de umbu (*spondias tuberosa* arr. cam.) do semiárido nordestino em escala semiindustrial. Salvador-BA, 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Curso de Pós-Graduação da Universidade Federal da Bahia - Faculdade de Farmácia.

PEREIRA, A. P. R. (2008). Caracterização de mel com vista à produção de hidromel (Dissertação de mestrado). Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, Portugal.

QUEIROZ, J. C. F. et al. Produção de Hidromel de Forma Artesanal e Avaliação dos Parâmetros durante o Processo Fermentativo. **Revista Saúde e Ciência**, Campina Grande, 2014.

SCHRAMM, K. The compleat meadmaker: home production of honey wine from your first batch to award-winning fruit and herb variations. United States: Brewers publications, 2003. 212p.

SMITH, B. Brewing beer with honey. Beer Smith Home brewing blog, 2009. Disponível em: Acesso em: 30/03/2018.

SROKA, P.; TUSZYNSKI, T. Changes in organic acid contents during mead wort fermentation. **Food Chemistry**, v.104, p.1250-1257, 2007.

VALKNUT HIDROMÉIS. (08/06/2016). **Monitoramento e Controle da acidez no Hidromel**. <https://www.valknuthidromeis.com.br/single-post/2016/06/08/Monitoramento-de-pH-e-acidez-no-Hidromel>.

VARGAS, P.; GULLING, R. (1999). Making wild wines and meads: 125 unusual recipes using herbs, fruits, flowers and more. United States: Storey Publishing.

VOGT, E. La fabricacion de vinos. Zaragoza: Acribia, 1972.

VARGAS, P.; GULLING, R. Making Wild Wines and Meads: 125 unusual recipes using herbs, fruits, flowers and more. United States: Storey Publishing, 1999. 169p.

YUCEL, Y.; SULTANOGLU, P. Characterization of Hatay honeys according to their multi-element analysis using ICP-OES combined with chemometrics. **Food Chemistry**, v.140, p. 231-237, 2013.

WIESE, H. Apicultura: novos tempos. 2. ed. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2005. 378p.

WOLFF, L. F. Apicultura sustentável na propriedade familiar de base ecológica. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. (Embrapa Clima Temperado. Circular técnica, 64.). Disponível em: Acesso em: 30/03/2018.

CAPÍTULO 13

CONTROLE DE QUALIDADE NA OPERAÇÃO DE RECOLHIMENTO DO AMENDOIM E TEOR DE ÁGUA NAS VAGENS

Rodrigo Silva Alves

Graduando em Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica
Instituição: Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM, Iturama-MG
Endereço: Av. Rio Paranaíba, 1229, Iturama - MG
E-mail: rodrigossilva.aalves@gmail.com

Victor Augusto Da Costa Escarela

Graduando em Agronomia
Instituição: Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM, Iturama-MG
Endereço: Av. Rio Paranaíba, 1229, Iturama - MG
E-mail: victorescarela@gmail.com

Mariel Gomes Da Silva

Graduando em Agronomia
Instituição: Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM, Iturama-MG
Endereço: Av. Rio Paranaíba, 1229, Iturama - MG
E-mail: marielgomes.agro@gmail.com

Thiago Orlando Costa Barboza

Graduando em Agronomia
Instituição: Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM, Iturama-MG
Endereço: Av. Rio Paranaíba, 1229, Iturama - MG
E-mail: agro.thiagocosta@gmail.com

Amanda Severino Soares

Graduanda em Agronomia
Instituição: Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM, Iturama-MG
Endereço: Av. Rio Paranaíba, 1229, Iturama - MG,
E-mail: amandass.agro@gmail.com

Gervásio Pegoraro

Engo Agrônomo, Mestre em Defesa vegetal
Instituição: Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM
Endereço: Av. Rio Paranaíba, 1229, Iturama - MG
E-mail: gervasiopegoraro@hotmail.com

Carlos Alessandro Chioderoli

Engo Agrônomo, Prof. Dr. em Mecanização Agrícola
Instituição: Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM
Endereço: Av. Rio Paranaíba, 1229, Iturama - MG
E-mail: ca.chioderoli@gmail.com

RESUMO: A cultura do amendoim é muito empregada em processos de rotação de culturas, principalmente em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Quando se trata da

cultura do amendoim, a segunda fase relacionada à colheita com o recolhimento do amendoim é realizada a avaliação de perdas, a fim de que seja feita a tomada de decisões para imediata solução de problemas encontrados. O objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas em função do teor de água nas vagens e perdas relacionadas ao recolhimento do amendoim. A coleta de dados foi realizada no município de Iturama, em solo arenoso, cultivar IAC OL3. As amostras foram coletadas em 20 pontos amostrais utilizando uma armação de 2 m² logo após operação de recolhimento, determinando o teor de água nas vagens. As variáveis avaliadas foram perdas no recolhimento e teor de água utilizando a estatística descritiva e o controle estatístico do processo. As cartas de controle demonstraram que as perdas no recolhimento e no teor de água, não foram adequadas ao processo produtivo do amendoim, levando à instabilidade do processo.

PALAVRAS-CHAVE: cartas de controle, teor de água, perdas.

ABSTRACT: Peanut crop is widely used in crop rotation processes, especially in areas cultivated with sugarcane. When it comes to the peanut crop, the second phase related to harvest, being, the peanut gathering, is performed the evaluation of losses, so that the decision is made, for immediate solution of problems encountered. The objective of this work was to evaluate the losses as a function of the water content in the pods and losses related to the peanut collection. Data collection was carried out in the municipality of Iturama, in sandy soil, cultivar IAC OL3. Samples were collected at 20 sample points using a 2 m² frame immediately after harvesting, determining the water content in the pods. The variables evaluated were losses in the collection and water content using descriptive statistics and statistical process control. The control charts showed that the losses in the collection and the water content were not adequate to the peanut production process, leading to process instability.

KEYWORDS: control charts, moisture, losses.

1. INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma planta da família Fabaceae, cultura que vem ganhando um avanço em pesquisa. Ações de pesquisa têm visado a geração de uma base técnico-científica para o emprego anual dessas leguminosas. O amendoim vem ganhando espaço principalmente entre os produtores de cana, pois trata-se de uma leguminosa que consegue realizar fixação biológica de nitrogênio e possui uma época de plantio favorável, indo de setembro até novembro, sendo a janela ideal para realização da reforma do canavial. O processo mecanizado da colheita é, em geral, o que mais leva às perdas das vagens, pois o amendoim mesmo realizando a colheita em momento ótimo, suas vagens variam durante os estágios de maturação. Além disso, outros fatores como solo muito seco e compactado afetam de maneira direta o arranquio da cultura. No Brasil essa etapa estima-se uma perda de 3,0% a 47,0% que varia entre esses valores, principalmente a umidade das vagens, que ao serem recolhidas com teor de água irregular soltam-se, ficam depositadas no solo causando as perdas (ROBERSON, 2009). Portanto, a escolha da época de colheita é primordial para que se tenha um sucesso na produção, uma vez que a mesma se for realizada tardia ocorre uma maior perda devido a degradação do pedúnculo das vagens que está relacionado a idade da planta e por outro lado se for realizada a colheita prematura um fator que é levado em consideração é o das vagens imaturas acarretando prejuízo econômico aos produtores ou até mesmo a indústria. Como hipótese, o experimento busca monitorar as perdas no recolhimento e a influência do teor de água nestas perdas, objetivando menores resultados de perdas e maior produtividade. O objetivo deste trabalho foi de avaliar as perdas em função do teor de água nas vagens e perdas relacionadas ao recolhimento do amendoim.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área agrícola localizada no município de Iturama – MG, no início do mês de março, em solo de textura arenosa. A cultivar de amendoim utilizado foi a IAC OL3, ciclo longo, de crescimento determinado, perante sistema de semeadura direta. Para o recolhimento do amendoim foi utilizada colhedora da marca KBM, modelo CB3384, sendo acoplada na barra de tração, acionada pela tomada de potência, pelo trator da marca New Holland, modelo TM 7040 com 173 KW de potência no motor, 4x2 TDA com peso total de 12.870 kg. Logo após o recolhimento foram coletadas 20 unidades amostrais para determinação das perdas por meio de armação

de 2 m², as quais quantificaram perdas no recolhimento (PR) e extrapolados para kg ha⁻¹, demonstrando as perdas da operação. Logo após, foi realizada a pesagem das vagens em condição de campo e após isso foram inseridas à estufa à 105 °C por 24 horas. Ademais, as amostras foram novamente pesadas, seguindo padrão para determinação do teor de água das vagens, com parâmetro TA PR (%). Por fim, os dados foram analisados por meio do software estatístico Minitab, realizada análise estatística descritiva para as variáveis analisadas com teste de normalidade de Anderson Darling, buscando maior entendimento da distribuição dos dados. Para maior confiabilidade dos dados obtidos e maior exatidão, foi realizado o controle estatístico de processo (CEP), gerando cartas de controle, objetivando melhor qualidade dos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da estatística descritiva indicam que, de modo geral, as variáveis avaliadas apresentaram distribuição normal dos dados de acordo com o teste de Anderson-Darling (Tabela 1). Observa-se que os valores da média e mediana encontram-se distantes entre si, além do desvio padrão ser muito alto em todas as variáveis, também indicou uma alta variabilidade dos dados coletados. Conforme a classificação de Pimentel-Gomes e Garcia (2002), o coeficiente de variação foi considerado médio (TA PR) e muito elevado (PR). Resultado já esperado visto que diversos fatores podem influenciar no recolhimento do amendoim. Entre eles, citam-se, umidade das vagens no momento da operação, a textura heterogênea do solo da área, sistematização irregular ou preparo de forma errada com máquinas favorecendo assim o acúmulo de água nos pontos em questão.

Tabela 1: Análise descritiva das variáveis analisadas.

Variáveis	Média	DP	CV	Mediana	Mínimo	Máximo	Cs	Ck	AD
PR (kg ha ⁻¹)	178,0	160,1	89,9	111,6	35,5	533,3	1,3	1,1	0,76 ^N
TA PR (%)	13,4	3,6	27,2	11,6	8,4	19,4	1,3	1,1	0,79 ^N

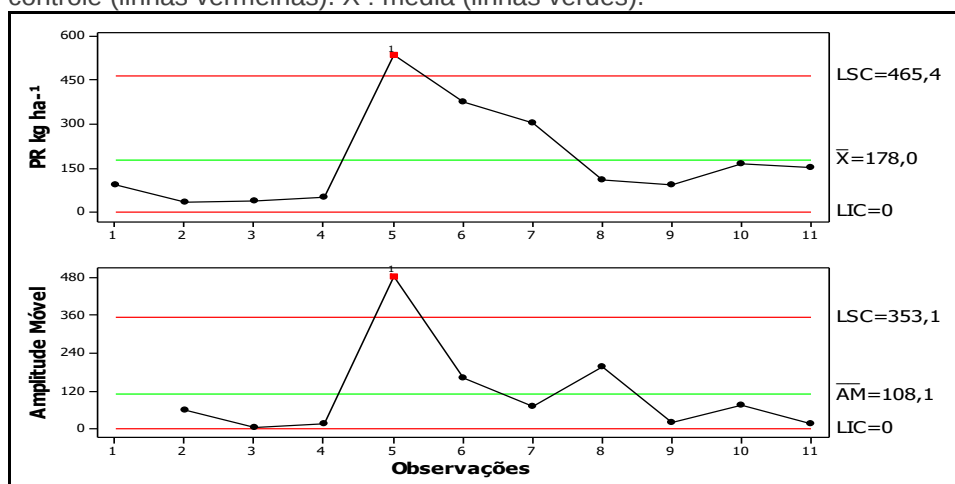
DP - Desvio padrão, CV – coeficiente de variação (%), Cs – coeficiente de assimetria, Ck – coeficiente de curtose, AD – teste de normalidade de Anderson-Darling (N – normal, A – não normal)

Fonte: Os autores.

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as cartas de controle para as variáveis PR e TA, nas quais, pode-se observar que, para as variáveis, o processo foi considerado

instável, indicando variabilidade dos dados destes indicadores em torno da média. As cartas de amplitude indicam que a variação do processo é instável, ou seja, não se encontram sob controle, levando a instabilidade do processo. Assim, as médias das perdas no recolhimento e no teor de água não foram adequadas ao processo produtivo de amendoim. Diversos fatores influenciam diretamente no recolhimento do amendoim, entre eles, a umidade das vagens no momento da operação, onde o grau de umidade das vagens pode alcançar 45%, ao serem enleiradas sob sol forte, ao qual ocorre a desidratação das mesmas e, comumente, em 2 ou 3 dias podem chegar a 10% de umidade. No instante da trilha, a umidade se diferencia de 12% a 18%, possibilitando bom rendimento, apesar de algumas quebras e perdas do produto (EMBRAPA, 2009).

Figura 1: Perdas Recolhimento (PR) em kg ha⁻¹. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle (linhas vermelhas). $\bar{X}$: média (linhas verdes).

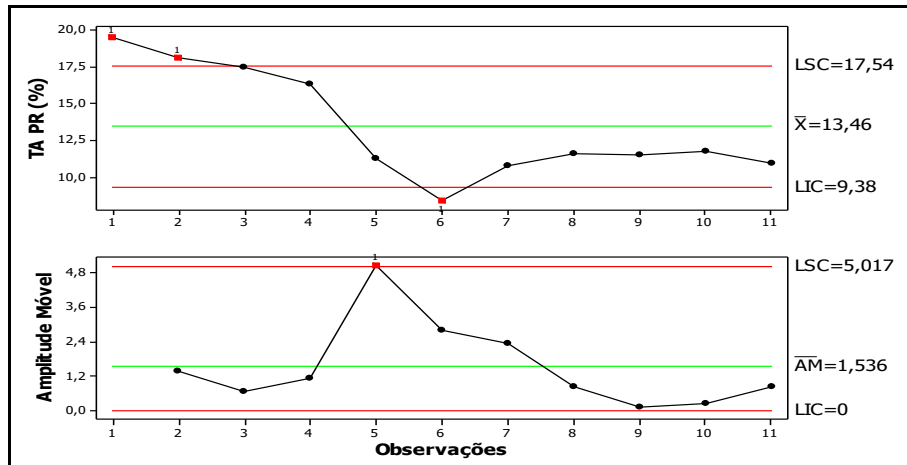


Fonte: Os autores.

O teor de água das vagens é considerado dos principais gargalos referentes às perdas no recolhimento, em alguns casos, não pode ser controlado (Figura 2), pois mesmo com o monitoramento da área independente das ferramentas de controle dos técnicos, tal como a precipitação, chuvas durante a época de colheita é o principal agente que favorece o alto teor de água das vagens e material vegetal, afetando diretamente as perdas e a qualidade do amendoim, fazendo como que o material permaneça mais tempo no campo até atingir o teor de água ideal para o recolhimento (CAVICHOLI et., 2014). Zerbato et al. (2014) afirma que o alto teor de água nas vagens e no solo também influencia diretamente na colheita. Uma vez que, o

arranquio com maior teor de água no solo pode reduzir as perdas, contudo, pode dificultar o desempenho da operação da máquina.

Figura 2: Teor de Água na Vagem nas Perdas no Recolhimento (%). LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle (linhas vermelhas). $\bar{X}$: média (linhas verdes).



Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÕES

A análise das cartas de controle mostrou que o processo de recolhimento do amendoim não apresentou qualidade adequada durante o processo contribuindo para os valores médios de perdas.

REFERÊNCIAS

CAVICHIOLO, F. A. et al. Perdas quantitativas de amendoim nos períodos do dia em sistemas mecanizados de colheita. **Científica**, v.42, n.3, p.211–215, 2014.

EMBRAPA, **Amendoim: o produtor pergunta a embrapa responde**. 1º edição. Brasília – DF: Embrapa informação tecnológica, 2009.

EMBRAPA. **Sistema de produção de amendoim**. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3803&p_r_p_-996514994_topicold=3445>. Acesso em: 04 mai. 2019.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

ROBERSON, G. T. Planting, harvesting, and curing peanuts. p.131-148. In: JORDAN, D. L. et al. ; Peanut information 2010. North Carolina Coop. Ext. Ser. Series AG-331. 2009.

ZERBATO, C. et al. Escavação mecanizada de amendoim para população de plantas e nível de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.18, n.4, p.181-192, 2014.

CAPÍTULO 14

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *VARRONIA DARDANI*
(TARODA) J. S. MILL E SUA ATIVIDADE ANTIBIOFILME.

Carlos Arthur Gouveia Veloso

Mestrado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos

Instituição: Universidade Federal da Paraíba

Endereço: Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos, Universidade Federal da Paraíba, Campus I - Cidade Universitária, João Pessoa, PB, 58051-900, Brasil

E-mail: arthurgouveia@ltf.ufpb.br

Pedro Henrique Sette de Souza

Doutorado em Odontologia

Instituição: Universidade de Pernambuco

Endereço: Departamento de Odontologia, Universidade de Pernambuco, Rua Gumercindo Cavalcante, 420 – São Cristovão, Arcoverde, PE, 56512-200, Brasil

E-mail: pedro.souza@upe.br

Fernanda Pontes Nóbrega

Mestrado em Ciências Farmacêuticas

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: Centro de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Inovação Terapêutica, Universidade Federal de Pernambuco, Avenida Jornalista Aníbal Fernandes, Cidade Universitária, Recife, PE, 50740-560, Brasil

E-mail: fernandapnobrega@hotmail.com

Ana Cláudia Dantas de Medeiros

Doutorado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Endereço: Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual da Paraíba, Campus I - Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande, PB, 58429-500, Brasil

E-mail: anaclaudia@uepb.edu.br

Ivana Maria Fachine

Doutorado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Endereço: Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Farmácia, Universidade Estadual da Paraíba, Campus I - Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande, PB, 58429-500, Brasil

E-mail: ivana.fachine@gmail.com

José Iranildo Miranda de Melo

Doutorado em Botânica

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Endereço: Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biologia,
Universidade Estadual da Paraíba, Campus I - Rua Baraúnas, 351 - Bairro
Universitário - Campina Grande, PB, 58429-500, Brasil
E-mail: tournefort@gmail.com

Josean Fachine Tavares

Doutorado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos
Instituição: Instituição: Universidade Federal da Paraíba
Endereço: Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Produtos
Naturais e Sintéticos Bioativos, Universidade Federal da Paraíba, Campus I - Cidade
Universitaria, João Pessoa, PB, 58051-900, Brasil
E-mail: josean@lft.ufpb.br

Marcelo Sobral da Silva

Doutorado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos
Instituição: Universidade Federal da Paraíba
Endereço: Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Produtos
Naturais e Sintéticos Bioativos, Universidade Federal da Paraíba, Campus I - Cidade
Universitaria, João Pessoa, PB, 58051-900, Brasil
E-mail: marcelo@lft.ufpb.br

Vicente Carlos de Oliveira Costa

Doutorado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos
Instituição: Universidade Federal da Paraíba
Endereço: Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Produtos
Naturais e Sintéticos Bioativos, Universidade Federal da Paraíba, Campus I - Cidade
Universitaria, João Pessoa, PB, 58051-900, Brasil
E-mail: vicente@lft.ufpb.br

RESUMO: O gênero *Varronia* pertence à família Cordiaceae. Alguns óleos essenciais de espécies deste gênero são descritos na literatura com atividades anti-inflamatórias. Esta espécie não tem relatos na medicina popular. O óleo essencial das partes aéreas de *V. dardani* foi extraído por hidrodistilação e caracterizado por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa. A composição química do óleo de *V. dardani* foi de 97,2% monoterpenos e sesquiterpenos. O δ -cadineno (8,71%), timol (7,43%), carvacrol (5,92%), γ -cadineno (5,66%), p-cymene (5,25%) e δ -cadinol (5,20%) foram os constituintes majoritários. A atividade antimicrobiana foi investigada pelo método de microdiluição e foi testada a inibição da formação do biofilme utilizando microorganismos de interesse na odontologia. O óleo essencial inibiu o crescimento de *Enterococcus faecalis* e *Streptococcus salivarius*. Os resultados indicaram que a espécie contém na sua composição química substâncias com potencial antimicrobiano, necessitando assim de estudos complementares visando a busca de uma nova terapia para as infecções dentárias utilizando a espécie citada.

PALAVRAS-CHAVE: *Varronia dardani*, Cordiaceae, óleo essencial, composição, δ -cadineno, odontologia.

ABSTRACT: The genus *Varronia* belongs to the family Cordiaceae. Some essential oil of species from this genus are described in the literature with activities anti-inflammatory. This species has no reports in folk medicine. The essential oil from aerial

parts of *V. dardani* was extracted by hydrodistillation and characterized by gas chromatography coupled to mass spectrometry. The chemical composition of *V. dardani* oil was 97.2% monoterpenes and sesquiterpenes. The δ -cadinene (8.71%), thymol (7.43%), carvacrol (5.92%), γ -cadinene (5.66%), p-cymene (5.25%) and δ -cadinol (5.20%) was the major constituents. Antimicrobial activity was investigated by the microdilution method and testing the inhibition of biofilm formation using microorganisms of interest in dentistry. The essential oil inhibited the growth of *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus salivarius*. The results indicated that the species contains in its chemical composition substances with antimicrobial potential, thus requiring complementary studies aiming to seek a new therapy for dental infections using the species cited.

KEY WORDS: *Varronia dardani*, Cordiaceae, essential oil, composition, δ -cadinene, dentistry.

1. INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais são utilizados há muito tempo como bactericidas, fungicidas, larvicidas, insecticidas, em aplicações cosméticas e farmacêuticas, na agricultura e na indústria alimentícia (1 - 3). A pesquisa envolvendo atividades antimicrobianas de óleos essenciais de plantas tem crescido nas últimas duas décadas. (4).

Na família Cordiaceae, foram estudadas várias espécies para a caracterização da composição química dos seus óleos essenciais, como por exemplo a *Varronia curassavica* Jacq, a qual deu origem ao Acheflan®, formulado pela Aché Pharmaceutical Laboratories no Brasil, e é indicado para o tratamento de tendinites crônicas e dores miofasciais (5, 6).

Muitas espécies pertencentes ao gênero *Varronia* são utilizadas na medicina popular, possuindo diversas propriedades como antitumoral, antimicrobiana, antifúngica, larvicida, antiinflamatória e analgésica (5, 7). A espécie *Varronia dardani* (Taroda) J.S. Mill tem como basônimo *Cordia dardani* Taroda e é endêmica da caatinga do Brasil sendo distribuída em estados do Nordeste como Alagoas, Sergipe, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte (8).

Os objetivos deste estudo foram investigar a composição química do óleo essencial das partes aéreas de *V. dardani* e as suas propriedades antibacterianas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 EXTRAÇÃO DO MATERIAL VEGETAL E DO ÓLEO ESSENCIAL

As partes aéreas de *V. dardani* foram coletadas no município de Serra Branca, Paraíba, Brasil, no dia 25 de janeiro de 2016. Um exemplar do vegetal foi identificado pelo botânico Prof. Dr. José Iranildo Miranda de Melo do Departamento de Ciências Biológicas - UEPB e depositado no herbário Prof. Lauro Pires Xavier (JPB) do Centro de Ciências Exatas e da Natureza - UFPB (número do registro JPB 29509). O acesso ao material está registrado no Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (SISGEN) sob o número A0E7358.

As partes aéreas de *V. dardani* (800 g) foram hidrodestiladas durante 3h em um aparelho de Clevenger. O óleo essencial foi armazenado a -5 °C com sulfato de sódio anidro até a sua análise.

2.2 ANÁLISE POR CROMATOGRAFIA GASOSA AOPLADA À ESPECTRÔMETRO DE MASSA (CG-EM).

A caracterização química do óleo essencial foi realizada em um aparelho GC-MS/QP2010 Ultra - Shimadzu GCMS/QP2010 Ultra – Shimadzu, equipado com uma coluna RTX-5ms (5% difenil/95% dimetilpolisiloxano) (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). Os experimentos foram realizados sob as seguintes condições: ionização por impacto de elétrons com 70 eV; hélio como gás de arraste e fluxo de 1,7 mL/min; injetor de modo fracionado (1:100); gradiente de temperatura crescente de 4 °C/min, de 40 a 180 °C e 20 °C/min de 180 a 280 °C. As temperaturas dos injetores e detectores foram de 250 e 290 °C, respectivamente.

Os espectros foram obtidos em um intervalo m/z 10 - 460 Da. A identificação dos constituintes foi feita com base no índice de retenção (IR, determinado com referência de séries homólogas de n-alcanos C₈–C₂₄) e espectros de massa com os de alguns compostos padrão, biblioteca NIST 05, Wiley 6 e dados da literatura.

2.3 ENSAIO DE CONCENTRAÇÃO INIBITÓRIA MÍNIMA (CIM) E INIBIÇÃO DA FORMAÇÃO DE BIOFILME (IFB).

A atividade antimicrobiana do óleo essencial foi avaliada contra três cepas de bactérias Gram-positivas: *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212); *Streptococcus salivarius* (ATCC 7073) e *S. oralis* (ATCC 10557). O inóculo microbiano foi padronizado usando espectrofotometria a um comprimento de onda de 625 nm para obter uma transmitância de 85%, conforme determinado pelo CLSI – Clinical and Laboratory Standards Institute (2013).

As análises foram realizadas utilizando o método da microdiluição em caldo (9), com algumas modificações. A suspensão microbiana foi ajustada no espectrofotômetro a um comprimento de onda de 625 nm, o que equivale a 10⁶ CFU/mL. A amostra do óleo essencial foi solubilizada em DMSO (10%) e 1 mL desta amostra foi diluída em série numa placa de 96 poços, bem como o controle positivo (0.20% Clorexidina - Sigma-Aldrich).

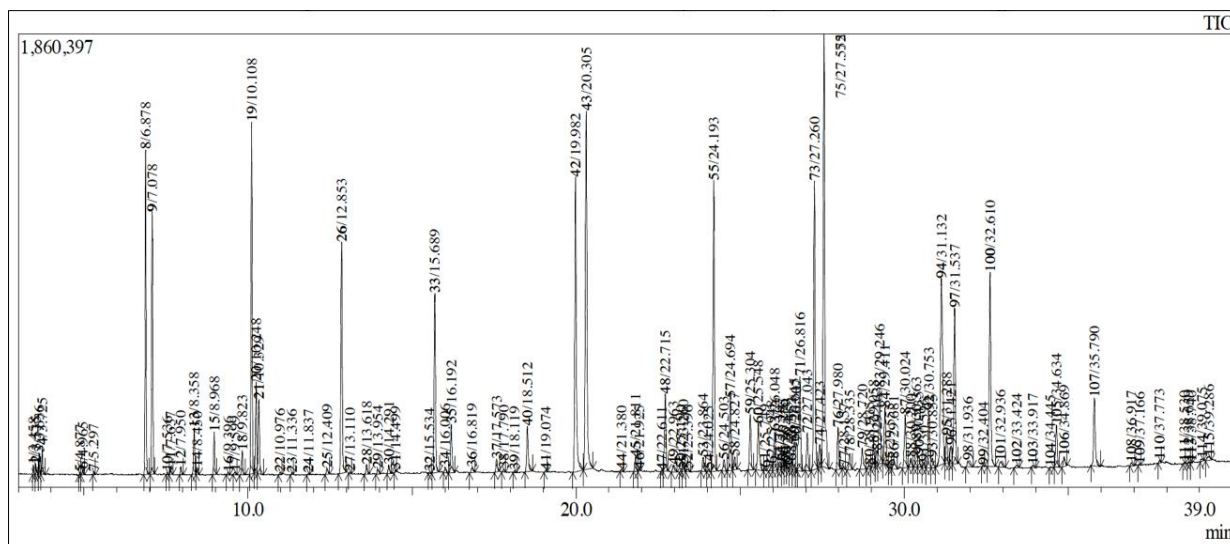
Para a CIM, foi utilizado o meio *Brain Heart Infusion* (BHI) e 10 µL do inóculo foi adicionado aos poços. A placa foi incubada a 37 ± 0,5 °C por 24 horas. O crescimento bacteriano foi indicado pela adição de 20 µL de uma solução aquosa de Resazurina® a 0,01% (Sigma-Aldrich) com posterior incubação a 37 ± 0,5 °C durante duas horas. A CIM foi definida como a menor concentração da amostra que inibiu a mudança de cor.

Para o IFB, a amostra de óleo essencial, numa concentração de 4 mg/mL foi diluída em série em caldo Mueller-Hinton enriquecido com sacarose (15%). A placa foi incubada a $37 \pm 0,5$ °C por 48 horas. Após este tempo, a placa foi lavada duas vezes com soro fisiológico (0,9%) e seca em estufa a $37 \pm 0,5$ °C durante 45 minutos. Logo após, 100 µL de cristal violeta (0,4%) foi adicionado a cada poço, após 45 minutos lavou-se a placa quatro vezes com água destilada, secou-se à temperatura ambiente e foram adicionados 200 µL de etanol a 95° em cada poço. Depois de 45 minutos, 100 µL de cada poço foram removidos e colocados numa nova placa de 96 poços para leitura em um espectrofotômetro (EZ Read 2000 - Biochrom) em um comprimento de onda de 590 nm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O óleo essencial das partes aéreas de *V. dardani* foi obtido com 0,18% de rendimento. A Figura 1 mostra o perfil cromatográfico por análise GC-MS. Foi possível identificar 82 constituintes correspondentes a 97,2% do total do óleo, sendo o δ -cadineno (8,71%), timol (7,43%), carvacrol (5,92%), γ -cadineno (5,66%), p-cimeno (5,25%) e δ -cadinol (5,20%) os constituintes majoritários.

Figura 1: Cromatograma obtido por cromatografia gasosa (CG-EM) do óleo essencial de *Varronia dardani*.



Fonte: Os autores.

Os compostos identificados estão listados na Tabela 1 em ordem de eluição da coluna RTX-5ms, juntamente com a composição percentual de cada componente e seu índice Kovats.

Tabela 1: Composição do óleo essencial das partes aéreas de *V. dardani*.

	Constituintes	IK	Teor (%)
1	2-Hexanol	803	0,29
2	(E)-2-Hexenal	852	0,03
3	(Z)-3-Hexenol	856	0,06
4	1-Hexanol	870	0,04
5	α -Turgeno	939	4,33
6	α -Pineno	934	3,62
7	Canfeno	949	0,04
8	Sabineno	974	0,68
9	β -Pineno	977	0,09
10	Mirceno	994	0,61
11	α -Felandreno	1006	0,04
12	3-Careno	1012	0,04
13	α -Terpineno	1018	0,38
14	p-Cimeno	1026	5,25
15	d-limoneno	1030	1,40
16	1,8 cineol	1033	1,16
17	<i>Trans</i> -o-cimeno	1051	0,04
18	γ -Terpineno	1061	0,02
19	Óxido de <i>cis</i> -linalool	1075	0,03
20	α -Terpinoleno	1091	0,12
21	Linalol	1103	3,96
22	4-(1-Metiletil)-1-metil-2-ciclohexenol	1124	0,34
23	Isopulegol	1148	0,03
24	Umbelulona	1177	0,02
25	Terpinen-4-ol	1181	3,24
26	p-Cimen-8-ol	1190	0,11
27	α -Terpineol	1195	0,91
28	Piperitol	1212	0,12
29	β -Citronelol	1233	0,33
30	Éter metil timol	1239	0,05
31	Carvona	1249	0,03
32	Geraniol	1259	0,90
33	Geranial	1275	0,04
34	Carvacrol	1300	5,92
35	Timol	1310	7,43
36	δ -elemeno	1342	0,03
37	α -Cubebeno	1354	0,25
38	Acetato de citronelila	1358	0,03
39	α -Copaeno	1381	1,41
40	Acetil-geraniol	1388	0,15
41	β -Elemeno	1397	0,15

42	α -Gurjuneno	1416	0,27
43	α -cis-Bergamoteno	1421	0,04
44	Isocariofileno	1426	5,41
45	β -Gurjuneno	1436	0,23
46	α -trans-Bergamoteno	1442	1,32
47	α -Cariofileno	1461	1,07
48	Aromadendreno	1468	1,07
49	Cadina-1(6),4-dieno	1481	0,13
50	δ -Muuroleno	1484	0,76
51	Germacreno-D	1488	0,16
52	Germacreno-A	1492	0,12
53	β -Selineno	1494	0,07
54	Epibiciclosesquifelandreno	1500	0,17
55	Cubebol	1503	0,63
56	α -Muuroleno	1508	2,13
57	β -Bisaboleno	1516	0,71
58	γ -Cadineno	1523	5,66
59	Isogeraniol	1528	0,37
60	δ -Cadineno	1532	8,71
61	α -Cadineno	1546	0,78
62	α -Calacoreno	1552	0,03
63	α -Elemol	1557	0,33
64	trans-Nerolidol	1570	0,50
65	Palustrol	1577	0,51
66	Espatulenol	1587	1,76
67	Óxido de cariofileno	1592	1,23
68	Viridiflorol	1605	1,30
69	Epóxido de Humuleno II	1608	0,18
70	1,10-di-epi-Cubenol	1610	0,53
71	β -Eudesmol	1611	0,23
72	Rosifoliol	1613	0,10
73	Epicubenol	1615	1,21
74	γ -Eudesmol	1617	0,22
75	δ -Cadinol	1620	5,20
76	β -Cadin-4-en-10-ol	1623	0,51
77	Cadin-4-en-10-ol	1626	3,18
78	6-isopropenil-4,8a-dimetildecáhidro-1-naftalenol	1641	4,01
79	Oplopanona	1659	0,05
80	Benzoato de benzila	1668	0,86
81	Ledol	1684	1,39
82	Fitol	1930	0,07

IK = índice de Kovats; Componentes identificados em CG-EM com base no Índice de Retenção (IR) em comparação com a biblioteca NIST *Mass Spectral Library* (National Institute of Standards and

Technology) e a literatura. Os compostos foram listados de acordo com a ordem de eluição na coluna RTX-5MS (5% Diphenyl / 95% dimethyl polysiloxane) com 30 metros de comprimento.
Fonte: Os autores.

Duarte em 2015 (10), identificou no óleo essencial de *V. dardani*, coletada em Patu (Rio Grande do Norte - Brasil), como compostos majoritários: d-limoneno (27,49%); 1,8 cineol (13,23%), linalol (10,54%), α -terpineol (6,27%), (E, E) farnesol (6,34%) e (E, E) acetato de farnesol (6,67%). Na pesquisa de De Oliveira em 2016 (11), a mesma espécie, coletada em Mossoró (Rio Grande do Norte - Brasil), teve sua caracterização química de seu óleo essencial apresentando como principais compostos o d-limoneno (20,02%), 1,8 cineol (13,25%), linalol (12,27%), α -terpineol (6,48%), terpinen-4-ol (6,35%), 2E, 6E acetato de farnesol (8,84%) e 2E, 6E-farnesol (8,68%). A maioria desses compostos foi identificada no presente estudo, mas não foram considerados como maioria.

As condições genéticas e geográficas podem alterar profundamente a composição química e a produção de um óleo essencial (12, 13), levando a uma notável diversidade de compostos na mesma espécie (14). Isto explica a diferença na composição química, principalmente dos principais compostos identificados nas espécies coletadas na região do Rio Grande do Norte e Paraíba.

O crescimento da cepa *S. oralis* não foi impedido pela amostra. O óleo essencial inibiu o crescimento de *E. faecalis* e *S. salivarius* na concentração máxima testada (2 mg/mL) (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados da Concentração Inibitória Mínima (CIM) do óleo essencial de *V. dardani*.

CIM (mg/mL)		
<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Streptococcus salivarius</i>	<i>Streptococcus oralis</i>
2	2	-

Fonte: Os autores.

O experimento IFB avaliou a capacidade do óleo essencial de *V. dardani* de inibir a formação do biofilme das cepas de *E. faecalis* e *S. salivarius*, uma vez que estas foram as únicas que apresentaram o crescimento afetado no teste de determinação da CIM, que foi a base para a determinação da concentração inicial da amostra testada.

Os resultados deste teste para *E. faecalis*, são expressos como porcentagem de inibição (I%) na Tabela 3, seguindo o score proposto por Peixoto et al. (2017), sendo possível determinar uma forte inibição (score 3) a 2 mg/mL do óleo essencial.

Tabela 3: Inibição da Formação de Biofilme (IFB) do óleo essencial de *V. dardani* contra a cepa *E. faecalis*. Os valores são expressos como índice de inibição (I%).

Concentração (mg/mL)	I%
4	$75 < I_{\%} \leq 100$
2	$75 < I_{\%} \leq 100$
1	$25 < I_{\%} \leq 50$
0.5	$I_{\%} \leq 25\%$
0.25	$I_{\%} \leq 25\%$
0.125	$I_{\%} \leq 25\%$
0.0625	-
0.03125	-

Fonte: Os autores.

Os resultados para *S. salivarius* são expressos como percentagem de inibição (I%) na Tabela 4. Foi possível determinar uma forte inibição (score 3) na concentração de 4 mg/mL do óleo essencial.

Tabela 4: Inibição da Formação de Biofilme (IFB) do óleo essencial de *V. dardani* contra a cepa de *S. salivarius*. Os valores são expressos como índice de inibição (I%).

Concentração (mg/mL)	I%
4	$75 < I_{\%} \leq 100$
2	$25 < I_{\%} \leq 50$
1	$I_{\%} \leq 25\%$
0.5	$I_{\%} \leq 25\%$
0.25	$I_{\%} \leq 25\%$
0.125	$I_{\%} \leq 25\%$
0.0625	-
0.03125	-

Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÕES

O óleo essencial da espécie foi caracterizado pelo CG-EM, sendo possível identificar 82 constituintes, sendo os principais componentes do óleo o δ -cadineno, timol, carvacrol, γ -cadineno, p-cimeno e δ -cadinol.

Este estudo relatou que o óleo essencial de *V. dardani* inibiu o crescimento de *E. faecalis* e *S. salivarius*. Em resumo, os resultados *in vitro* indicam que a espécie *V. dardani* contém na sua composição química substâncias com potencial antimicrobiano, sendo a forte candidata a mais estudos visando a busca de nova terapia para infecções dentárias.

REFERÊNCIAS

- Bakkali, F., S. Averbeck, D. Averbeck, and M. Idaomar. 2008. "Biological Effects of Essential Oils - A Review." *Food and Chemical Toxicology*. doi:10.1016/j.fct.2007.09.106.
- CLSI. 2013. *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*; Clinical and Laboratory Standards Institute.
- De Oliveira, Adriano Francisco Góis. 2016. "CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO FITOQUÍMICO DA ESPÉCIE *Varronia dardani* – (Taroda) J.S.Mill. (BORAGINACEAE)." Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.
- De Stapf, María Natividad Sánchez. 2010. "Nomenclatural Notes on *Varronia* (Boraginaceae s.l.) in Brazil." *Rodriguesia*. doi:10.1590/2175-7860201061117.
- Dossoukpevi, René, Corneille Ahanhanzo, Fernand Gbaguidi, Clément Agbangla, Arnaud Agbidinoukoun, and Gilles Cacaï. 2016. "Incidence Des Plantes Régénérées in Vitro Sur Les Huiles Essentielles de Deux Espèces de *Ocimum* Cultivées Au Bénin." *Journal of Applied Biosciences*. doi:10.4314/jab.v99i1.10.
- Duarte, Bárbara Alessandra Mendonça. 2015. "ESTUDO QUÍMICO E BIOLÓGICO DA *Varronia Dardani* (Taroda) J.S. Mill (BORAGINACEAE) MOSSORÓ – RN 2015." UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE.
- Gomes, Márcio Vinícius da Silva, J. D. da Silva, Ana Ferreira Ribeiro, Lúcio M. Cabral, and V. P. de Sousa. 2019. "Development and Validation of a Quantification Method for α -Humulene and *trans*-Caryophyllene in *Cordia verbenacea* by High Performance Liquid Chromatography." *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 29 (2). Sociedade Brasileira de Farmacognosia: 182–190. doi:10.1016/j.bjp.2019.01.009.
- Nasiri, Yousef, Hamed Zandi, and Mohammad Reza Morshedloo. 2018. "Effect of Salicylic Acid and Ascorbic Acid on Essential Oil Content and Composition of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) under Organic Farming." *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*. doi:10.1080/0972060X.2018.1453383.
- Peixoto, Larissa Rangel, Pedro Luiz Rosalen, Gabriela Lacet Silva Ferreira, Irlan Almeida Freires, Fabíola Galbiatti de Carvalho, Lúcio Roberto Castellano, and Ricardo Dias de Castro. 2017. "Antifungal Activity, Mode of Action and Anti-Biofilm Effects of *Laurus nobilis* Linnaeus Essential Oil against *Candida* Spp." *Archives of Oral Biology* 73: 179–185. doi:10.1016/j.archoralbio.2016.10.013.
- Pilevar, Zahra, Hedayat Hosseini, Esmail Abdollahzadeh, Saeedeh Shojaei-Aliabadi, Elahe Tajedin, Mojtaba Yousefi, Akbar Bahrami, and Nader Karimian Khosroshahi. 2019. "Effect of *Zataria multiflora* Boiss. Essential Oil, Time, and Temperature on the Expression of *Listeria monocytogenes* Virulence Genes in Broth and Minced Rainbow Trout." *Food Control* 109 (May 2019): 106863. doi:10.1016/j.foodcont.2019.106863.
- Prins, Cláudia L., Ivo J.C. Vieira, and Silvério P. Freitas. 2010. "Growth Regulators and Essential Oil Production." *Brazilian Journal of Plant Physiology*. doi:10.1590/S1677-04202010000200003.
- Saeidi, Keramatollah, Masoomah Moosavi, Zahra Lorigooini, and Filippo Maggi. 2018. "Chemical Characterization of the Essential Oil Compositions and Antioxidant Activity from Iranian Populations of *Achillea wilhelmsii* K. Koch." *Industrial Crops and Products*.

doi:10.1016/j.indcrop.2017.12.007.

Silva, Kleiton Paulo, Tamíris Aparecida de Carvalho Santos, Brenda Leite Moutinho, Rafael Salomão da Silva, Vanderson dos Santos Pinto, Arie Fitzgerald Blank, Cristiane Bani Corrêa, Ricardo Scher, and Roberta Pereira Miranda Fernandes. 2019. "Using *Varronia curassavica* (Cordiaceae) Essential Oil for the Biocontrol of *Phytomonas serpens*." *Industrial Crops and Products* 139 (April). Elsevier: 111523. doi:10.1016/j.indcrop.2019.111523.

Thielmann, Julian, Peter Muranyi, and Pamina Kazman. 2019. "Screening Essential Oils for Their Antimicrobial Activities against the Foodborne Pathogenic Bacteria *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*." *Heliyon* 5 (6). Elsevier Ltd: e01860. doi:10.1016/j.heliyon.2019.e01860.

Urbizu-González, Ana Lucía, Octelina Castillo-Ruiz, Guillermo Cristian Guadalupe Martínez-Ávila, and Jorge Ariel Torres-Castillo. 2017. "Natural Variability of Essential Oil and Antioxidants in the Medicinal Plant *Turnera diffusa*." *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. doi:10.1016/j.apjtm.2017.01.013.

CAPÍTULO 15

EMPREENDEMENTOS HIDROENERGÉTICOS EM SANTA CATARINA: UM ESTUDO DE CASO EM ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA

Alexandra Rocha Gomes

Mestre em Ciências Ambientais

Instituição: Universidade Comunitária da Região de Chapecó - Unochapecó

Endereço: Av. Castelo Branco, n. 1379, Centro - Abelardo Luz, SC, CEP: 89830-000

E-mail: alexandragomes043@gmail.com

Arlene Renk

Doutora em Antropologia Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituição: Universidade Comunitária da Região de Chapecó - Unochapecó

Endereço: Rua Palmeira, n. 69-D- Centro, Chapecó-SC, CEP: 89.814-110

E-mail - arlene@unochapeco.edu.br

Silvana Winckler

Doutora em Direito pela Universidad de Barcelona

Instituição: Universidade Comunitária da Região de Chapecó - Unochapecó

Endereço: Rua Marino Magro, n. 101-D, apto. 701, bairro Jardins, Chapecó-SC, CEP: 89.814-110

E-mail: silvanaw@unochapeco.edu.br

RESUMO: O estado catarinense é considerado potencial gerador de energias limpas e renováveis. Em junho de 2015 o governo do Estado lançou o Programa Catarinense de Energias Limpas - SC+Energia. A fim de analisar as repercussões das políticas energéticas brasileira e catarinense num município do oeste, propomos como objetivo analisar as mencionadas políticas energéticas, com ênfase na dinâmica de privatização do setor e na expansão do hidronegócio, com a consequente disputa por territórios até então ocupados pela agricultura familiar em assentamentos da reforma agrária. Metodologicamente o trabalho consiste em pesquisa qualitativa e exploratória, com estudo de caso em assentamentos da reforma agrária do município de Abelardo Luz. Nos vinte e dois assentamentos da reforma agrária localizados no município, existem duas usinas em funcionamento e oito em fase de outorga e licenciamento. A participação dos atingidos no processo é insuficiente, revelando déficit democrático. Há muitas dúvidas e insatisfações entre a população atingida, em particular quanto ao destino das indenizações pelas terras desapropriadas que, por pertencerem à União, direcionam as indenizações ao órgão responsável pelos assentamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Abelardo Luz. Assentamentos da reforma agrária. Hidronegócio.

ABSTRACT: The state of Santa Catarina is considered a potential generator of clean and renewable energy. In June 2015, the state government launched the Catarinense Clean Energy Program - SC + Energia. In order to analyze the repercussions of Brazilian and Santa Catarina energy policies in a western municipality, we propose to analyze the mentioned energy policies, with emphasis on the sector's privatization dynamics and the expansion of hydribusiness, with the consequent dispute over

territories previously occupied by family farming in agrarian reform settlements. Methodologically the work consists of qualitative and exploratory research, with a case study in agrarian reform settlements in the municipality of Abelardo Luz. In the twenty-two agrarian reform settlements located in the municipality, there are two plants in operation and eight in the process of being granted and licensed. . The participation of those affected in the process is insufficient, revealing a democratic deficit. There are many doubts and dissatisfactions among the affected population, in particular as to the destination of compensation for expropriated land, which, as they belong to the Union, direct the compensation to the body responsible for the settlements.

KEYWORDS: Abelardo Luz. Land reform settlements. Hydrobusiness.

1. INTRODUÇÃO

O Plano Decenal de Expansão de Energia, do Ministério de Minas e Energia 2026 (PDE/2026), com visão integrada, é documento estratégico e balizador das ações de demanda e oferta no âmbito das diversas fontes energéticas do país. Foi formulado em consonância com as políticas do Estado, entre as quais insere-se o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que lhe atribuiu o caráter desenvolvimentista. Uma das premissas do PDE/2026 é a sustentabilidade, que orientou os estudos socioambientais, visando à diminuição dos impactos sobre o meio ambiente quando da oferta da energia. Diversos são os desafios enfrentados, tais como a presença de populações indígenas e de áreas protegidas nas zonas de impacto, afetação da biodiversidade terrestre e aquática, supressão de vegetação nativa, entre outros.

Em junho de 2015 o governo do Estado, sob execução da Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS), lançou o Programa Catarinense de Energias Limpas - SC+Energia - com o intuito de fortalecer e impulsionar empreendimentos de geração de energia de fontes renováveis.

A fim de analisar as repercussões das políticas energéticas brasileira e catarinense num município do oeste de Santa Catarina, propomos como objetivo analisar as mencionadas políticas energéticas, com ênfase na dinâmica de privatização do setor e na expansão do hidronegócio, com a consequente disputa por territórios até então ocupados pela agricultura familiar em assentamentos da reforma agrária.

No Município de Abelardo Luz, desde o ano de 2007 há registros de pedidos outorgados para construção de PCHs. Hoje, em processo de trâmite de projeto com registro na ANEEL aceite, com registro ativo, com construção não iniciada, bem como as que têm aproveitamento e é dispensada a concessão ou autorização, nos termos do art. 8º da Lei 9.074/1995, alterado pela Lei nº 13.097/2015, são treze PCHs, todas localizadas no Rio Chapecó. Há também uma PCH e duas CGHs em operação no Rio Chapecó. Ainda em Abelardo Luz há cinco CGHs operando e uma CGH (localizada em área de assentamento) em eixo disponível, totalizando no município vinte e dois empreendimentos hidrelétricos em diversos afluentes do Rio Chapecó.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (PERH/SC) tem como objetivo orientar o Poder Público na gestão da água superficial e subterrânea, contendo estudo detalhado das características das Regiões Hidrográficas (RHs). O

Estado de Santa Catarina é composto por dez RHs. O rio Chapecó está localizado na região Meio Oeste catarinense, RH2 (Região Hidrográfica 2).

O Município de Abelardo Luz possui área total de 950,84 km², a qual está inserida completamente na Bacia do Rio Chapecó. Em relação à estrutura fundiária, existem 22 assentamentos no município, totalizando 198,5 km² pertencentes à área de reforma agrária.

As terras dos assentamentos da reforma agrária localizados no município de Abelardo Luz-SC ainda não foram transferidas às famílias assentadas, permanecendo sob titularidade da União e sob gestão do INCRA. Em face dos empreendimentos hidrelétricos em assentamentos, surge o questionamento acerca da destinação dos recursos oriundos de indenizações e compensações ambientais, pretendidos pelas famílias diretamente atingidas. Esses recursos estão sendo direcionados ao INCRA, que manifesta a intenção de destiná-los às comunidades afetadas, e não às famílias diretamente atingidas. Instala-se uma controvérsia social e jurídica que requer estudo pormenorizado.

De outro lado, as tratativas foram feitas entre empreendedores e INCRA, somente envolvendo as comunidades em momento posterior. A ausência de titularidade das terras afasta as famílias diretamente atingidas dos espaços de negociação, não obstante sua presença seja demandada nas audiências públicas.

2. SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

O sistema elétrico brasileiro é caracterizado por um índice elevado de energias renováveis, com destaque à extensa rede fluvial que abriga empreendimentos hidrelétricos de diferentes portes, desde projetos de grande escala a pequenas centrais hidrelétricas.

A privatização do setor elétrico brasileiro está em andamento desde a década de 1990 e já afetou importantes segmentos, sob o mote de aumentar a eficiência e reduzir custos, num processo de retirada do Estado de setores estratégicos da economia e de protagonismo do mercado.

2.1 HISTÓRICO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

O setor de serviços públicos energéticos como um todo foi propriedade pública do Estado brasileiro. A União era proprietária dos ativos de geração e transmissão, os Estados eram proprietários das empresas de distribuição, num sistema verticalizado. Foi no primeiro governo do presidente Fernando Henrique Cardoso, em 1995, que a privatização teve início.

Três anos depois, mais de 50% da distribuição da energia elétrica estava com o setor privado e as maiores empresas de geração estavam sendo vendidas. Foi criado um sistema regulatório e um mercado atacadista (FERREIRA, 2000).

A política energética havia sido centralizada sob controle público a partir de 1960. Empresas públicas federais e estaduais ocuparam-se da geração, transmissão e distribuição, interconectando sistemas hidrelétricos e integrando sistemas isolados, tendo como resultado maior eficiência e economia. Havia um planejamento da produção hidroenergética com base em estudos de demandas e disponibilidades hídricas, a cargo do Grupo Coordenador do Planejamento do Sistema Elétrico (GCPS), sob a coordenação da Eletrobras e com a participação de empresas federais, estaduais, municipais e da iniciativa privada. “O resultado de cada ciclo anual de planejamento era consolidado no Plano Decenal de Expansão do Setor Elétrico.” (GOLDENBERG; PRADO, 2003, p. 220).

O setor foi afetado pela instabilidade econômica que decorreu da crise do petróleo de 1979. O principal ingrediente da crise foi a contenção tarifária que visou conter a inflação, pervertendo o sistema de “serviço pelo custo”, que remunerava as empresas prestadoras de serviço.

Sob o Consenso de Washington, ocorre a liberalização dos preços, do comércio e do investimento estrangeiro, a desregulamentação e a privatização em grande escala. Uma disputa se estabelece, no Brasil, entre os que defendiam uma reforma liberal e os técnicos do setor elétrico, que propunham adequações no modelo existente.

A reforma de Fernando Henrique Cardoso introduziu a concorrência na indústria elétrica brasileira. Foi o fim do monopólio estatal e a introdução da atividade reguladora das agências “dotadas de autoridade de ‘legislar’ e controlar outras entidades criadas para permitir e facilitar o financiamento da concorrência” (GOLDENBERG; PRADO, 2003, p. 224).

A estrutura regulatória passou a cumprir as funções anteriormente exercidas diretamente pela administração pública enquanto o setor elétrico estava sob monopólio do Estado e era operado pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, Ministério de Minas e Energia e empresas estatais.

No entanto, a atividade regulatória da ANEEL não foi suficiente, não se constituiu um mercado livre de energia confiável e a Eletrobrás foi destituída da capacidade de gestão.

Além da crise do apagão de 2001/2002, que cobrou sua conta em sacrifícios aos consumidores residenciais e aos setores produtivos, essa condução equivocada do processo de privatização, pressionado por políticas cambiais e juros altos, impactou o preço da energia, que sofreu incrementos sucessivos.

Carlos Vainer (2007) vê na privatização do setor elétrico brasileiro uma interrupção nos processos de ambientalização e de democratização do setor, que vinham ocorrendo mesmo antes da promulgação da Constituição de 1988. Esses processos decorreram, de um lado, da democratização e, de outro, da emergência, no Brasil e em outros países da América Latina, de movimentos ambientalistas. A criação, em 1986, do Conselho Consultivo do Meio Ambiente (CCMA) foi contemporânea à edição da Resolução 01/86, na qual o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) “regulamentou a obrigatoriedade de realização de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) para fins de licenciamento (VAINER, 2007, p. 119). Também são de 1986 o Manual de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos e o Plano Diretor para a Melhoria do Meio Ambiente das Obras e Serviços do Setor Elétrico, ambos documentos lançados pela Eletrobras. No ano seguinte foi criada a Divisão de Meio Ambiente da Eletrobrás. No início dos anos 1990 foi lançado o Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico.

A democratização se traduziu na organização de segmentos da população e no controle social que passa a ser exercido sobre as empresas estatais e sobre as agências governamentais. Vainer (2007, p. 120) afirma que

A vontade de participação, acompanhada de uma rápida qualificação político-técnica de organizações populares e organizações não-governamentais, expressava o extraordinário amadurecimento de uma sociedade que, após duas décadas de ditadura militar, passava a questionar o modelo de desenvolvimento socialmente injusto e ambientalmente irresponsável implantado *manu militari*.

Esses processos não foram plenamente incorporados pelas empresas federais e estaduais do setor elétrico, que mantiveram a opção pelos grandes projetos de geração de energia e não foram capazes de avaliar mais adequadamente os custos sociais e ambientais desses projetos. Eram pressões externas que se exerciam contra o setor elétrico, que precisava dar respostas às novas exigências do contexto social (VAINER, 2007).

As insuficiências do processo são ilustradas pelo autor com um rol de problemas não enfrentados, dentre os quais a não solução de problemas causados por grandes obras já realizadas e em andamentos (ou seja, um passivo

socioambiental); a persistência na opção pelas megaobras, já mencionada; e a inexistência de um plano para tornar mais eficiente o sistema, a fim de “explorar a enorme jazida representada pela conservação e economia de energia” (VAINER, 2007, p. 120). Esses problemas persistem até os dias atuais e são ilustrados pelos sucessivos Planos Decenais de Energia. Não obstante, surge como resultado uma crescente responsabilização do setor elétrico pelas questões sociais e ambientais decorrentes das intervenções de suas empresas, que já não permaneceriam ausentes do debate público.

Empresas regionais foram privatizadas, a exemplo da Eletrosul, que atua em Santa Catarina. Atualmente, a União tem 61% da Eletrobras. A desestatização da estatal é discutida desde o governo do ex-presidente Michel Temer, que iniciou um trabalho de reestruturação na empresa, que passava por grave crise financeira.

2.2 PLANO DECENAL DE ENERGIA

Conforme o Plano Decenal de Energia do governo federal, o setor energético vem atraindo investidores em negócios de longo prazo, especialmente no que concerne a projetos com estratégias para a garantia do suprimento energético para fazer frente às projeções de crescimento econômico do país, com custos adequados, em bases técnica e ambientalmente sustentáveis, orientando ações e decisões para os atores envolvidos, governos e empresas privadas, (PLANO DECENAL DE ENERGIA 2026, 2017).

Estudos de viabilidade técnica, econômica e socioambiental mostram que o Brasil apresenta potencial de produção de energia pela sua capacidade de gerir recursos e riquezas, demonstrando que estratégias de políticas energéticas são essenciais para obtenção de resultados positivos a longo prazo, bem como quais modelos de fonte energética apresentam perspectivas de expansão tanto na geração quanto na transmissão e distribuição de energia.

O PDE ressalta a retomada das energias renováveis, como os biocombustíveis, o que contribui para o desenvolvimento sustentável. Orienta estudos para a redução de impactos locais e globais sobre o meio ambiente, as populações indígenas, áreas protegidas, biodiversidade aquática e vegetação nativa. Ações planejadas permitem que as taxas de emissão de gases do efeito estufa (GEE) estabelecidas na Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e nos acordos Internacionais sobre clima sejam compatíveis com a meta estabelecida.

A demanda de expansão na geração de energia é orientada pelo mercado econômico, dependendo de estudos sobre os segmentos energointensivos industriais de diversos setores, os quais são classificados no Brasil de acordo com “[...] sua importância em termos de consumo total de energia e consumo de energia elétrica, assim como em termos de sua participação no Produto Interno Bruto (PIB) do País e seu dinamismo econômico recente” (BAJAY et al, 2009, p. 3).

Após os estudos setoriais e de segmentos, são analisados os indicadores de maior potencial técnico de conservação de energia para serem direcionados a ações e investimentos de acordo com a estimativa econômica e a perspectiva de demanda de energia a longo prazo.

2.3 PROGRAMA SC + ENERGIA

A produção energética é fundamental para o desenvolvimento econômico e a geração de empregos. Desde o ano de 2001, o país passou por várias apagões resultantes da crise energética por falta de água nos reservatórios nos anos anteriores.

Os apagões mancham negativamente a imagem do país em termos de segurança energética, comprometendo o crescimento e o desenvolvimento econômico em todos os setores da indústria e do comércio.

A fim de evitar as possíveis quedas de energia futuras por intempéries naturais, como a estiagem que ocorre em diversas épocas do ano, bem como visando à projeção da geração de empregos e o crescimento econômico, o governo de Santa Catarina lança o Programa SC+Energia, o qual incentiva a construção e a ampliação de empreendimentos energéticos que adotam fontes de energia limpas e renováveis.

O programa SC+ Energia é normatizado pelo Decreto nº 233, de 24 de junho de 2015, coordenado pela Secretária de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS).

A fim de justificar o crescimento dos empreendimentos na área, o Estado e os empreendedores relatam que é necessário o investimento para o desenvolvimento regional e para a geração de empregos. O Programa prevê o apoio do setor privado, o qual compõe o Comitê Gestor do Programa (CG-SC+Energia), a quem cabe avaliar os projetos.

O Programa SC+Energia tem como fontes de energia limpa: energia solar, biomassa, PCHs e energia eólica. A consolidação da eficiência energética é ponto fundamental dentre as ações do programa, que busca a redução de desperdício de

energia tanto na produção quanto na comercialização, distribuição e nas residências.

Uma das missões dadas ao Programa SC+Energia, para garantir a eficácia do programa, é agilizar a abertura das empresas, fornecer o licenciamento ambiental simplificado, conceder a outorga de recurso hídrico para o uso do bem público, conexão à rede elétrica, regulação fundiária, principalmente em áreas de ocupação irregular, comercialização da energia, incentivos fiscais e financiamentos. Cada integrante do Comitê Gestor (CG-SC+Energia) contribui com incentivos característicos do seu setor.

Uma das premissas de incentivo à indústria energética é a prorrogação, até 2021, da isenção de ICMS pela Secretária de Estado da Fazenda, o que proporciona aos investidores do setor condições atrativas para investimentos na implementação de novas unidades e na ampliação de PCHs e CGHs. Ainda, as PCHs receberão benefícios fiscais por meio dos programas Pró-Emprego e Desenvolvimento da Empresa Catarinense (Prodec).

A comercialização da energia gerada pelos empreendimentos de fontes abrangidas pelo programa SC+Energia se dará através de chamadas públicas e áreas de Novos Negócios da Celesc, que também realizará chamada pública para participar minoritariamente como sócio no capital da empresa.

A Companhia de Gás de Santa Catarina (SCGás) é parceira do Programa SC+Energia, contribuindo na compra de energia de empreendimentos de geração térmica que utilizam como fonte dejetos de aves e suínos. Contribuirá na redução dos impactos ambientais causados ao meio ambiente.

Por fim, o IMA fica responsável por assegurar agilidade aos processos de licenciamentos ambientais, também fazendo um importante elo entre os diversos setores como as diretorias de Licenciamento do IMA e de Recursos Hídricos da SDS, para acelerar a outorga da água e o licenciamento para melhor desenvolvimento do estado no setor energético.

3. TERRITÓRIO EM DISPUTA: HIDRONEGÓCIO *VERSUS* AGRICULTURA FAMILIAR

Segundo Milton Santos (1994; 1996), o território é uma categoria que foi gestada na geografia, em oposição à globalização. O autor propõe que o “espaço geográfico” (sinônimo de “território usado”) seja compreendido como uma mediação entre o mundo, a sociedade nacional e local, e assumido como um conceito

indispensável para a compreensão do funcionamento do mundo presente. Nessa perspectiva, mundo e lugar constituem-se em um par indissociável. O lugar é concreto e recebe os impactos do mundo. O lugar é controlado, remotamente, pelo mundo.

Para o teórico francês Raffestin (1993, p 144), o território forma-se a partir do espaço, à medida que for apropriado por algum agente, ocorrendo o processo de territorialização. O espaço antecede o território, pois este foi apropriado e houve nele intervenção. Isso é facilmente observável na cartografia, com os desenhos e redesenhos que um espaço vai adquirindo.

Das perspectivas de Milton Santos e Raffestin, apesar de pontos de singularidades, para este trabalho optamos por seguir em linha de diálogo. Pretendemos abordar o espaço que passou por diferentes territorializações, até configurar-se como território do hidronegócio.

3.1 A ORGANIZAÇÃO E O MOVIMENTO DAS OCUPAÇÕES DE TERRAS NO OESTE CATARINENSE

Um movimento de ocupação conjunta, no dia 25 de maio de 1985, levou milhares de pessoas, a pretexto de participarem da romaria a Nossa Senhora de Caravaggio, a realizarem ocupações simultâneas de terras visadas para a reforma agrária. Uma das regiões escolhidas foi a de Abelardo Luz, por apresentar latifúndios improdutivos.

As ocupações de terras, em áreas de latifúndio, em lonas pretas, criam um território novo à revelia do *status quo* da sociedade brasileira. É possível dizer que, neste caso, sob as lonas pretas o território é criado por meio de vínculos de horizontalidade, seja pela contiguidade territorial, seja pelos vínculos de solidariedade entre os moradores numa comunidade de destino, mesmo que temporária.

As lonas pretas, sob responsabilidade do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), foram transformadas em assentamentos. Abelardo Luz abriga, atualmente, vinte e dois assentamentos de reforma agrária. Esses assentamentos não foram implantados num só momento. Os primeiros foram criados em 1986 e os últimos em 2002. (FARIA, 2019). O território dos assentamentos foi também o da disputa das terras, à medida em que os proprietários tentaram medidas de reintegração de posse.

Não se pode negar que, atualmente, há um território consolidado de assentamentos, com agricultura diversificada, justaposto ao território de grande extensão com monocultivo de soja, no município.

O documento intitulado Avaliação Integrada Médio Rio Chapecó, na parte da síntese e avaliação, informa que na Bacia desse rio há vinte e dois empreendimentos hidrelétricos em operação, com 245.716,5 kW de potência instalada (DESENVOLVER Engenharia e Meio Ambiente, 2016, p. 659).

3.2 PEQUENAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS (PCHS) NOS ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA NO MUNICÍPIO DE ABELARDO LUZ: O CASO DA PCH BARREIROS

Transformar a água em negócio requer uma série de tramitações. Nosso exercício consiste em acompanhar a tramitação da PCH Barreiros para observar os meandros que percorreu e como se relacionou com os atingidos, isto é, aqueles moradores que tiveram as terras inundadas. A noção de atingido, segundo Vainer (2012), não pode se restringir à perspectiva territorial-patrimonialista. Ela engloba os proprietários, arrendatários, posseiros de boa-fé, as relações comunitárias que são alteradas. Neste caso em estudo, tomamos a PCH Barreiros, que se situa no rio Chapecó, nos municípios de Vargeão, Ouro Verde e Abelardo Luz. Nesse último município ocupa área de terras de reforma agrária, o que imprime um caráter particular e o torna mais singular à medida que os assentados não possuem o título de domínio expedido pelo INCRA, apesar de alguns deles estarem há mais de trinta anos assentados na área, com Contrato de Concessão de Uso.

Antes da operação da PCH Barreiros, sob a égide da ANEEL, transcorreu um tempo entre o pedido e a licença de operação. A PCH, antes de seu “nascimento”, contou com Nota Técnica expedida pela Aneel, de 15 de março de 2011. Essa nota dizia respeito à análise para fins de seleção de estudos concorrentes da Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Chapecó, no trecho compreendido entre as cotas 835 e 757m, sub-bacia 73, bacia hidrográfica do rio Uruguai.

Em abril de 2015 a empresa Guandalina Construções Eireli - ME encaminhou ofício ao Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina IMA (então FATMA) consultando-o sobre a necessidade de realizar Estudo Ambiental Integrado da Bacia do rio Chapecó para o empreendimento PCH Barreiros. O órgão ambiental estadual respondeu que o reservatório teria área alagada superior a 200 hectares, o que o enquadra na obrigação de realizar de avaliação integrada de bacia, de acordo com a Lei n. 16.344, de 21 de janeiro de 2014.

Rastreando os documentos, observamos que a empreendedora Guandalina Construções Eireli - ME recebeu da Aneel o prazo de até o dia 01/06/2016 para

realizar os Estudos de Projeto Básico da PCH Barreiro, estimada com potência de 22,140 MW (DOU, de 02 de abril de 2015, p. 63).

Realizada essa etapa dos Estudos, a próxima foi a da audiência pública. Esta é prevista na Resolução nº 01/1986 do Conama e detalhada na Resolução do Conama nº. 009/1987. Consta na resolução 09/1987 que a Audiência Pública objetiva apresentar aos interessados o conteúdo do RIMA, esclarecendo as dúvidas e recolhendo as críticas e sugestões. O órgão do meio ambiente, no caso a FATMA (depois IMA), uma vez recebido o RIMA, apresentará em edital, o local e data, anunciará pela imprensa, com prazo mínimo de 45 dias. A audiência será dirigida pelo representante do órgão licenciador que coordenará as atividades.

Entre as boas intenções da lei e os fatos da realidade houve uma distância. O IMA comunicou a realização da Audiência Pública para apresentação e discussão do EIA/RIMA da PCH Barreiros, sob responsabilidade da Guandalina Construções Eireli-ME, no dia 28 de junho de 2018, às 19 horas, no Clube Real, em Abelardo Luz, na Rua Nossa Senhora das Graças s/n, Centro. (DOESC, 12 de junho de 2018).

A página do IMA na internet apresentou matéria intitulada “Audiência em Abelardo Luz vai discutir projeto de construção de barragem”. A matéria descreve o local da Audiência, os dados do empreendimento, tais como uma PCH com 30 metros totalizando uma extensão entre as margens de cerca de 275 m. A conexão da PCH Barreiros será realizada pela implantação de uma linha de transmissão, interligando o empreendimento. A estimativa de mão de obra para a construção e operação do empreendimento é de 60 trabalhadores diretos e 150 indiretos. Apresenta os locais nos quais o RIMA estaria à disponibilização para consulta: na Biblioteca do IMA, em Florianópolis; na Biblioteca Pública Municipal Rui Barbosa, em Abelardo Luz – SC; na Biblioteca Pública Municipal Guilhermina Mattes Parizotto, em Vargeão, e no Site do IMA.

Os desencontros entre a população dos assentamentos e a empreendedora da PCH Barreiros para a realização da audiência pública foram inusitados. Em 28 de junho de 2018 a empresa, sob o argumento de realizá-la, solicitara a cedência do espaço da Câmara de Vereadores, o que foi negado sob alegação de ser uma empresa privada que visa lucros. A divulgação, mesmo que tenha ocorrido no Diário Oficial do Estado, não foi ampla, de modo que os futuros atingidos não se sentiram informados. Ou seja, desconhecaram os informes do IMA e da Empreendedora. Esta valeu-se da Emissora de Rádio do Município vizinho de Faxinal dos Guedes, não

sintonizado na comunidade atingida. A Guandalina Construções Eireli - ME ocupou o espaço do Clube Real para a realização da Audiência Pública, sem a presença dos atingidos, mas compareceram o Prefeito, o presidente do Sindicato Rural e alguns moradores, em número reduzido. A população atingida não recorreu aos mecanismos à disposição, como o Ministério Público ou solicitação formal de audiência com subscrição de cinquenta pessoas.

No entender dos assentados, a comunicação para a Audiência foi prejudicada, deveria ser anulada, por não contar com a presença de representante do INCRA e dos interessados, isto é, os futuros atingidos. Demandaram à Câmara dos Vereadores a realização de outra audiência para apresentar o estudo e dirimir dúvidas. Atendendo ao pleito, em 30 de agosto de 2018, nas dependências da Câmara de Vereadores, foi lavrada ata como audiência pública “onde foram discutidos assuntos sobre o impacto que sofrerão as famílias assentadas e a sociedade em geral que serão atingidos pela instalação de uma Pequena Central Hidrelétrica, PCH Barreiros no Rio Chapecó” (Ata da Reunião realizada na Câmara dos Vereadores em 30 de agosto de 2018). Contou com a presença do prefeito, do representante do INCRA, vereadores e famílias assentadas. O IMA não esteve presente. A Empresa Guandalina Construções Eireli - ME, pretendente à construção da PCH, convidada, não se fez presente, alegando que a audiência já ocorrera em 28 de junho e que as dúvidas foram sanadas naquele momento.

No decorrer da Audiência, usando a palavras, representantes da comunidade alertaram que não foram notificados da Audiência do dia 28 e tampouco houve transporte à disposição para o deslocamento. “A empresa fez [a reunião] às escuras, eu escutei um aviso de tarde na Rádio de Faxinal e não foi divulgada na rádio local, não passou ninguém avisando e não teve meio de transporte para as famílias atingidas na margem esquerda, que são 51 famílias dos assentamentos” (Entrevistado 4, representante da Comunidade São Jorge).

Complexifica aqui o fato dos atingidos serem assentados da Reforma Agrária com Contrato de Concessão de Uso e a titularidade da terra estar em mãos do INCRA:

Nesse dia a senhora representante da Guandalina, [...] ela veio a comunicar, quando eu e o representante do sindicato questionamos em relação às indenizações das famílias que estão lá morando há 32, há 33 anos e ela falou o seguinte: que eles já tiveram duas reuniões com o Superintendente do INCRA [...] e que essas indenizações seriam repassadas para o INCRA, porque segundo o que o INCRA passou para eles, a terra seria da UNIÃO e não de quem moraria em cima, ela foi bem clara, que eles pagariam o preço pelas terras, se o INCRA ia passar pra os moradores já não era problemas

deles, que eles iam continuar com a obra deles, que eles iam fazer a barragem perante o pagamento para o INCRA (Entrevistado 7).

Os moradores presentes na reunião entenderam que, se houver indenização, esta cabe aos moradores “proprietários”, àqueles com Contrato de Cessão de Uso. O argumento apresentado pela empreendedora foi de que a indenização cabe à União. Os moradores entendem que “se a terra é da União, a União é do povo”, por isso a indenização deveria ser aos moradores. Nesse sentido passaram abaixo assinado.

Na Audiência Pública de 28 de junho o INCRA não se fez presente, o que causou espanto aos vereadores. Um vereador e presidente do Sindicato expressa a falha de comunicação na audiência de 28 de junho. E naquela ocasião, ao solicitar informação das famílias atingidas, a resposta é que caberia ao INCRA decidir. O ponto da discórdia é o afastamento entre lógica do INCRA e aquela dos agricultores. Para estes, titulares de contrato de assentamento, as indenizações das áreas atingidas caberiam aos “proprietários”, isto é, aos moradores, e não à União, que não os titulou como proprietários após mais de trinta anos de assentamento.

O prefeito de Abelardo Luz manifestou pesar pela forma como transcorreram as duas reuniões. A primeira ocorreu sem a presença dos atingidos e do IMA, e a segunda sem a presença da empresa responsável pela obra:

Temos dois eventos, e os dois ficam prejudicados. São empreendimentos que vêm para a cidade, para o município. Aquela noite o que apresentaram mesmo foi todo o histórico do estudo socioambiental dos empreendimentos, o que eles pretendiam fazer. O Estudo Socioambiental, apresentaram com um detalhamento muito grande, e a parte que interessava aos atingidos pouco ou quase nada comentado.

Ao ser perguntado dos efeitos da PCH no município nos diferentes setores, o prefeito responde:

Todo o empreendimento se instala, fica, essa e as outras [...] é bem preocupante, nós também não conhecemos o tamanho de cada um dos empreendimentos, nós temos o acesso, estradas pelo pouco que a gente conhece e buscamos saber, a própria empresa faz o seu acesso, é um empreendimento dela. Até algumas partes vai beneficiar o município por algumas estradas que vão ter que melhorar para o seu acesso. Quanto à população que vem para trabalhar, não temos informação nenhuma de quantos profissionais são. Os técnicos essa empresa traz de fora, o braçal que vai fazer o serviço, quantos eles poderão ocupar do nosso município e quantos virão de fora. E a preocupação é, dos que vêm de fora, quando terminar, se aqui permanecem e se essa estrutura o município terá que arcar? Então não tenho conhecimento real do tamanho, das pessoas e dos profissionais que aqui virão. Mas teremos que nos programar e reprogramar em função da estrutura do transporte escolar, da parte da saúde principalmente, porque vem aqui não digo disputar, mas buscar, ocupar os profissionais que já temos, que já são bem no limite no seu atendimento. Teremos sim, no município, o retorno de ISS de impostos que esse trabalho venha a gerar. Pelo o que a gente sabe de outros municípios, o investimento, o retorno de imposto, eles vão ajudar, agora eles somam todas as

necessidades, nós não temos nenhum empreendimento e aqui que se fala em 11? Tenho o conhecimento de 6 no município em processo, algumas virão no próximo ano, cada uma tem um tamanho maior ou menor. (Prefeito Municipal de Abelardo Luz-SC).

O Superintendente do INCRA explanou o processo da tramitação de uma PCH em área de assentamento ou área de regularização fundiária, que são inúmeras no Estado. A concessão dessas áreas, qualquer iniciativa privada independente de ser PCH ou não, é normatizada pela Norma de Execução do INCRA, nº 33, está no Estatuto. Na concessão das áreas, o INCRA analisa o processo e após as diligências decide se concede ou não. O INCRA é o responsável pelo imóvel e as empresas que pretendem construir PCHs ou CGHs buscam a autorização junto à ANEEL e tramita procedimento no INCRA, que abre o processo após a outorga da ANEEL. O INCRA autoriza o estudo que antecede à audiência, depois o IMA concede licença ambiental. O órgão licenciador entende que a Audiência deve ser precedida por ampla divulgação, com carro de som, rádio e todos os mecanismos de divulgação. O primeiro ponto da audiência é apresentar o impacto ambiental. A audiência realizada na Câmara de Vereadores não está adequada, em termos de audiência pública, porque a empresa Guandalina não se fez presente. Assegurou que não há pedido no INCRA para instalação dessa empresa, só pedido de estudo. Isso significa que ela não pode realizar nenhuma obra. Na avaliação é levado em conta se a obra atingirá somente a Área de Preservação Permanente (APP) ou também área agricultável. É feito laudo por agrônomo com registro no CREA. Este verificará se haverá prejuízo à subsistência da família no lote. Nesse caso, o INCRA desloca essa família a lote em outro assentamento. Já aconteceu de a empresa comprar outra área com correspondência de tamanho e de qualidade, e a família foi deslocada. A família recebe área matriculada, registrada em cartório, e aquela atingida fica em domínio do INCRA. A APP é responsabilidade do IMA. Explicou que falou a respeito das famílias “num processo de regularização das famílias assentadas”. “Se ele for no processo de regulamentação como assentado e for receber seu contrato de concessão de uso, terá claramente o direito de participar do processo como um assentado que já está ali há 20 anos.” (Superintendente do INCRA)

O representante do INCRA afirma que:

Para nós, se o assentado está irregular, tem alguma explicação, nós estamos juntando documentos para pesquisar esse nome, se habilitado, se é assentado se não for é outra questão. Se não for ele não vai ter participação, o INCRA inclusive pesquisa sobre esse ocupante que está lá e que em tese não é um assentado. O INCRA pode inclusive, se for necessário, pedir a reintegração do lote. Pode acontecer, já aconteceu e acontece semanalmente

no INCRA isto, nos assentamentos do INCRA em Santa Catarina que são 141, a reintegração do lote. Benefício é para assentado regular, o INCRA trabalha com a família regularizada. (Superintendente do INCRA).

As explicações do Superintendente do INCRA foram didáticas, na medida do possível. Em nenhum momento as autoridades presentes fizeram menção à necessidade da presença do superintendente do IMA, órgão licenciador e coordenador nato da audiência, o que deve ter sido ignorado do público que procurou na Câmara de Vereadores, na Prefeitura e no INCRA seus interlocutores. E a empreendedora, que já peregrinara junto aos órgãos públicos há anos, declinou de uma reunião de poucas horas para apresentar dados e elucidar dúvidas.

Mesmo com audiência sem a presença dos atingidos, a empreendedora, por meio do Diário Oficial, em 13 de setembro de 2018, tornou público que recebeu do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), a Licença Ambiental Prévia, válida por 48 meses a contar da data de 23 de agosto de 2018, para produção de energia hidrelétrica da PCH Barreiros, localizada no rio Chapecó, município de Abelardo Luz.

Em 14 de dezembro de 2018, o Diário Oficial do Estado de Santa Catarina publicou extrato de Portaria da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS) n. 0280, de 08/11/2018, tratando da Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica. A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL apresenta as coordenadas geográficas, a vazão outorgada de 59,33 m³, e a validade, de três anos. A finalidade é garantir a disponibilidade hídrica do aproveitamento hidrelétrico da PCH Barreiros, no Município de Abelardo Luz. As obrigações do outorgado são as de respeitar a legislação ambiental e de recursos hídricos.

Relações não harmoniosas ocorreram na PCH Vermelho, em 2016, como relata o entrevistado 2:

O superintendente do INCRA, [...] estava presente na audiência pública, nós tivemos um desentendimento com ele. A audiência foi no dia 16 de dezembro de 2016. Por que eu não filmei?! Eles tinham todos os projetos! Eles tinham todos os projetos! Colocaram na lousa, tinha tudo, como ia ser a barragem, tinha o desenho, a maquete, tudo bem certinho. Tinha um engenheiro agrônomo, um ambientalista, o superintendente do INCRA, e mais um. O [superintendente do INCRA] chegou dizendo assim: que não ia ter indenização nenhuma, que ia ser revertido tudo para a comunidade, ele disse isso lá fora antes de entrar e começar a reunião, ele me pediu o que achava de fazer, enfim, para a comunidade e tal. O Odi foi o primeiro que falou alto com ele: sim, homem, tem que ajudar a comunidade, mas daí quando você precisa vai ter que vir aqui na comunidade, não é assim tirar o que você tem e assim foi. Lá dentro eles começaram com outras propostas, queriam dar tipo alguma coisa que fosse para o grupo, uma máquina, algo assim. Foi questionado como dar uma máquina para 14, aí fomos discutindo, daí o ele falou assim: então nós damos estrada, poço, encanamos a água, damos a

reforma da casa, coisinhas assim. Depois eles continuaram discutindo, não teve acordo.

Os atingidos têm a experiência partilhada (Thompson, 1981) da ocupação nos acampamentos da Reforma Agrária, nas moradas em lonas pretas, na identidade de “sem terra”. Nos assentamentos criaram a identidade desse núcleo no conjunto de valores do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), organizando suas comunidades. A identidade de assentado foi forjada nas relações com o INCRA e o MST. Mesmo aqueles que entraram nos assentamentos em período mais recente, foram socializados em padrões de normas e valores daqueles que já constituíram as comunidades.

Quanto aos impactos da barragem, há controvérsias entre o que afirmam os técnicos e a percepção dos entrevistados:

O agrônomo falou assim: que na verdade a barragem vai pegar as APPs, e que nós não íamos perder nada. Eles tinham fotos, filmagens, eles vinham direto aqui, e disseram que nós não produzimos nada aqui, mas nós temos o potreiro, tem gado, tanto o nosso lote como dos outros três vizinhos. Eles alegavam que é só mato, do vizinho aqui vai pegar seis hectares de lavoura, daí o agrônomo vem dizer que ninguém planta nada... A do vizinho é a melhor terra dele, vai ser afetada, ele vai ser o mais prejudicado. Daqui de perto o lote menos afetado será dois hectares. Eles há dez 10 anos já fizeram o piqueteamento, nesse lote aqui não tinha casa, só no outro, mas me lembro que um dia eu e o pai viemos caminhar pra cá e já tinha os marcos, nem pediram autorização. Aí fizeram vários buracos para fazer os estudos deles e em fevereiro desse ano vieram no vizinho aqui, fizeram os buracos na laje, passaram no meio do milho abriram as cercas, soltaram as criações, fizeram o estrago. (Entrevistado 1).

Na PCH Barreiros, entrevistados afirmam que a PCH contribuirá para a melhoria das estradas, “o que vai ficar melhor são as estradas” (Entrevistado 5). Sabem que haverá reunião porque a empreendedora não pretende indenizar os atingidos.

Entrevistado 6, ex-vereador, acompanha desde 2013 as reuniões das PCHs:

Quando começou a discussão, na minha opinião valorizou; na época, em 2012 e 2013, as famílias da CGH Vermelho no Assentamento José Maria não participaram. No final de 2015, início de 2016, as famílias foram procuradas, porque a CGH Vermelho se encontra na fase da seção onerosa que o INCRA tem que fazer para que eles (empresa) possam pegar a licença de instalação. Por enquanto eles têm a licença prévia no IMA. Aí agora teve a reunião com as famílias, o debate, e a empresa procurou cada família que será atingida. O problema é que o INCRA não deu andamento nessa seção onerosa e os investidores não podem fazer nada, nem as indenizações, nem iniciar a obra e nem dar andamento nas licenças. Porque, quem deve receber esse dinheiro da indenização é o INCRA, porque a terra é pública. Porque é terra de assentamento, então quem recebe é o INCRA. Agora, como vão fazer isso não sei, o que sei é que o INCRA já conversou com as famílias ribeirinhas. O valor da indenização da terra é o INCRA que recebe e repassa para as famílias. Das benfeitorias que têm em cima do lote é o próprio assentado que, no caso, recebe a indenização, porque foi uma coisa que ele fez, agora a terra é do INCRA. Uma parte do recurso é passada para o assentado e a

outra parte para o INCRA, agora como o INCRA vai fazer para indenizar a família que perdeu dois ou três hectares não sei, porque a seção onerosa não saiu ainda.

O ex-vereador relata que, dentre as PCHs em andamento, a que está mais adiantada é a PCH Prainha, que não envolve muitas famílias (são duas ou três) que são as proprietárias das terras. Das demais não têm notícias. A PCH Mangueira de Pedra, por se tratar na área indígena, não está indo adiante, até o momento está parada. A que seria no curso do Rio Chapecó, a PCH Mangueira de Pedra, e que seria feito o túnel, está parada, porque tem a lei que impede que seja construída usina no perímetro urbano da cidade e, também, tem a lei estadual que impede a destruição de patrimônios naturais (as quedas). E nas quedas tem já uma CGH que já estava em funcionamento desde a década de 60. A PCH do Assentamento Volta Grande, divisa com o Município de Ouro Verde, está na fase de refazer os projetos.

4. CONCLUSÃO

Ao falar-se de indústria de PCHs, de mercado do hidronegócio, um exemplo está no loteamento dos rios da bacia hidrográfica do rio Chapecó, sub-bacia do rio Uruguai. Na Aneel constam os registros de Inventários de Hidrelétricos das Pequenas Centrais Hidrelétricas de Rondinha, Goiabeiras, Passos Maia, Amparo, Salto Santo Antônio, Pedras, Coronel Araújo, Contestado (Sub-Bacia 72), Saudades, Foz do Chapecozinho, Foz do Xaxim, Santo Antônio, Nova Erechim, Porto Ferreira, Águas de Chapecó, Nova União e Marema (Sub Bacia 73). (ANEEL, 2019)

Evidencia-se a necessidade do debate em virtude da demanda da produção no âmbito das diversas fontes energéticas, principalmente a fonte hidráulica, a qual atinge direta e indiretamente comunidades rurais, populações indígenas, assentadas e de áreas protegidas nas zonas de impacto, afetando a biodiversidade terrestre e aquática.

Para potencializar a produção de energia limpa e renovável o governo do Estado catarinense, sob execução da Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS), lançou o Programa Catarinense de Energias Limpas - SC+Energia - com o intuito de fortalecer e impulsionar empreendimentos de geração de energia, focando nas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e nas Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs), por acreditar que os impactos socioambientais são de menor magnitude.

A presente pesquisa buscou analisar as repercussões das políticas energéticas brasileira e catarinense com ênfase na dinâmica de privatização do setor e na expansão do hidronegócio, com a consequente disputa por territórios até então ocupados pela agricultura familiar em assentamentos da reforma agrária no município de Abelardo Luz/ SC.

Neste estudo, constata-se que, mesmo com toda a trajetória das famílias, a terra permanece sob titularidade da União e sob gestão do INCRA. Desde que surgiram os primeiros boatos de construção de empreendimentos hidráulicos as famílias assentadas atingidas são deixadas de lado, não se levando em consideração sua posição em relação aos empreendimentos, as negociações quanto às indenizações e compensações ambientais. Tais recursos e negociações estão sendo direcionados ao INCRA que manifesta a intenção de destiná-los às comunidades afetadas, e não às famílias diretamente atingidas, as quais são afastadas das negociações e da audiência pública, no caso da PCH Barreiro, cujo término de construção está previsto para 2023.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). PCHs no estado de Santa Catarina. Versão 08/10/2015. Projeto. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/scg/Doc/Publicacao_PCH_SC_Projeto.pdf. Acesso em 26 jun. 2019.

BAJAIY Sergio Valdir; GORLA, Filipe Debonzi; BORDONIS, Orlando Frederico José; Godoy. Os segmentos industriais energo-intensivos de maiores potenciais técnicos de conservação de energia no Brasil. Rev. Brasileira de Energia, Vol. 15, nº. 1, 1º Sem. 2009, pp. 89-107

BRASIL. INCRA nos Estados - Informações gerais sobre os assentamentos da Reforma Agrária. Superintendência Regional Santa Catarina - SR 10 Assentamentos - Informações Gerais. 31 dez. 2017. Disponível em: < <http://www.incra.gov.br/sc>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Disponível em: (http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes_liferay/inventario_biblioteca/inventario.cfm). Acesso em 20 ago. 2018.

BRASIL. **Lei Federal 9.074, de 07 de julho de 1995**. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências.

BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO DE 06 DE DEZEMBRO DE 2016. Disponível em: www.abragel.org.br/diario-oficial-da-uniao-06-de-dezembro-de-2016. Acesso em: 08 de junho de 2019.

BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO de 06 de dezembro de 2016. Disponível em: www.abragel.org.br/diario-oficial-da-uniao-06-de-dezembro-de-2016. Acesso em 20 ago. 2018.

DESENVOLVER, Engenharia e Meio Ambiente. Avaliação Integrada do Médio rio Chapecó. Capítulo 7 Resultados e Considerações. Ouro-SC, 2016.

GOLDENBERG, J. & PRADO, L. T. 2003. Reforma e crise do setor elétrico no período FHC. Tempo Social, São Paulo, v, 15, n. 2, p. 219-235, nov. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ts/v15n2/a09v15n2.pdf>. Acesso em: 20/09/2018.

RAFFESTIN, Claude. Por uma geografia do poder. São Paulo: Ática, 1993.
SANTA CATARINA. CELESC. Disponível em: <http://www.celesc.com.br/portal/index.php/celesc-holding/sustentabilidade/noticias/1554-a-celesc-no-programa-catarinense-de-energias-limpas>. Acesso em 20/09/2018.

SANTA CATARINA. DECRETO Nº 233, de 24 de junho de 2015. Disponível em: http://legislacao.sef.sc.gov.br/html/decretos/2015/dec_15_0233.htm. Acesso em 22/09/2018.

SANTA CATARINA. PROGRAMA SC+ENERGIA. Disponível em: <http://www.scmaisenergia.sc.gov.br/sds/>. Acesso em 20/09/2018.

SANTA CATARINA. Secretaria do Desenvolvimento Sustentável. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina - PERH/SC, Relatório temático 02: Estudos multidisciplinares de caracterização regional e diagnóstico das disponibilidades hídricas totais, v. 1, maio 2007.

SANTOS, Milton A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS, Milton. Território, Globalização e Fragmentação. São Paulo: Hucitec, 1994

SEM Terra ocupam área em Abelardo Luz. **Jornal O Falcão**, Abelardo Luz, 18 jan. 1997, Ano IX, n. 116, p. 2.

THOMPSON, Edward. A miséria da teoria ou um planetário de erros. Rio de Janeiro: Zahar, 1981.

VAINER, Carlos B. Recursos hidráulicos: questões sociais e ambientais. **Estudos Avançados**, 21 (59), 2007, p. 119-137.

VAINER, Carlos Bernardo. O conceito de atingido. Uma revisão do debate e Diretrizes. In: CARRIZO, Cecilia; BERGER, Mauricio. **Justicia Ambiental em América Latina**. Inteligencia colectiva y creatividad institucional contra la desposesión de derechos. Córdoba, Argentina: Alción Editora, 2012, p. 95-118.

CAPÍTULO 16

EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO NA REMOÇÃO DO DICLOFENACO SÓDICO.

Eliane Sloboda Rigobello

Mestrado e Doutorado pela Universidade de São Paulo - SP
Pós-doutorado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá-PR
Professora Doutora na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Endereço: Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, CEP: 87301-899, Campo Mourão-PR, Brasil
E-mail: elisloboda@hotmail.com

Angela Di Bernardo Dantas

Mestrado, Doutorado e Pós-doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP).
Diretora da HIDROSAN
Endereço: Av. São Carlos, 2205, Salas 106/107, São Carlos - SP, Brasil.
E-mail: angela@hidrosanengenharia.com.br

Luiz Di Bernardo

Professor doutor titular aposentado da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP).
Diretor da HIDROSAN
Endereço: Av. São Carlos, 2205, Salas 106/107, São Carlos - SP, Brasil.
E-mail: luizdiber@hidrosanengenharia.com.br

Eny Maria Vieira

Mestrado e Doutorado pelo Instituto de Física e Química de São Carlos, Universidade de São Paulo. Pós-doutorado no National Water Research Institute, Canada Centre for Inland Water, Canada.
Professora doutora do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo (IQSC/USP).
Endereço: Av. Trabalhador São-Carlense, 400 – Centro, CEP: 13 566-590, São Carlos – SP, Brasil
E-mail: eny@iqsc.usp.br

RESUMO: A presença de fármacos em águas de abastecimento tem sido alvo de estudos nas áreas de saúde pública e ambiental devido principalmente à sua persistência no meio ambiente e aos efeitos adversos causados à comunidade aquática e à saúde humana. Dentre os fármacos comumente identificados em águas de abastecimento, destacam-se os anti-inflamatórios, especialmente o diclofenaco, por ser um dos mais consumidos no Brasil e no mundo. Neste contexto, foram realizados ensaios em ciclo completo utilizando equipamento de jarteste e filtros, em escala laboratorial, preenchidos com areia (FLAs) para verificar a remoção do diclofenaco sódico (DCF) empregando-se o tratamento de água em ciclo completo (coagulação, floculação, sedimentação, filtração em areia e pós-cloração). Verificou-

se que não houve remoção de DCF nas etapas de coagulação, floculação, sedimentação e filtração em areia. Houve remoção de 36 % e de 97 % do DCF após 30 min e 24 h do término da pós-cloração com 5 mg L⁻¹ de cloro, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Fármacos, diclofenaco sódico, tratamento de água, ciclo completo.

ABSTRACT: The presence of drugs in water supplies has been the subject of studies in the areas of public and environmental health, mainly due to their persistence in the environment and the adverse effects caused to the aquatic community and human health. Among the drugs commonly identified in drinking water, anti-inflammatory drugs, especially diclofenac, stand out because it is one of the most consumed drugs in Brazil and in the world. In this context, full cycle tests were carried out using laboratory equipment and filters, on a laboratory scale, filled with sand (FLAs) to verify the removal of sodium diclofenac (DCF) using full cycle water treatment (coagulation, flocculation) , sedimentation, sand filtration and post-chlorination). It was found that there was no removal of DCF in the stages of coagulation, flocculation, sedimentation and filtration in sand. There was 36% and 97% removal of DCF after 30 min and 24 h after the end of post-chlorination with 5 mg L⁻¹ of chlorine, respectively.

KEYWORDS: Drugs, diclofenac sodium, water treatment, full cycle.

1. INTRODUÇÃO

Os fármacos apresentam características lipofílicas, baixa volatilidade, e frequentemente apresentam baixa biodegradabilidade no ambiente. Estas propriedades intrínsecas conferem um grande potencial para a bioacumulação e persistência no meio ambiente.¹ Principalmente a partir década de 2000, os fármacos têm sido considerados como micro-contaminantes ambientais.

Os fármacos frequentemente não são eliminados nos tratamentos de esgoto e de água. Assim, o lançamento contínuo dos fármacos no meio ambiente lhes confere caráter de persistência e acarretam a contaminação dos recursos hídricos. Em Ternes (1998)² foi estudado a ocorrência de 32 fármacos de diferentes classes como, reguladores lipídicos, hormônios, anestésicos, anti-inflamatórios e drogas psiquiátricas, além de alguns metabólitos em estação de tratamento de água (ETA) na Alemanha. Os autores verificaram que devido à remoção incompleta dos resíduos de fármacos durante os processos de tratamento de água, acima de 80% dos fármacos estudados foram detectados na água tratada em concentração acima de $6,3 \mu\text{g L}^{-1}$. Em Togola e Budzinski (2008) foi encontrado DCF em águas superficiais na concentração de 1,36 a $33,2 \text{ ng L}^{-1}$ e em água de consumo humano na concentração máxima de $2,5 \text{ ng L}^{-1}$.

O DCF sódico é encontrado com o nome comercial de Voltaren e o DCF de potássio como Cataflan, entre outros. O DCF é um dos antiinflamatórios não-esteróide (AINE) mais utilizado com efeito analgésico, antiinflamatório e antipirético.⁴ A fórmula molecular do DCF sódico é $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{Cl}_2\text{NNaO}_2$, com massa molecular igual a $318,13 \text{ g mol}^{-1}$.⁵ O DCF é conhecido como uma molécula polar e relativamente persistente na água.⁶

Segundo Jorgensen *et al.* (2000)⁷, os efeitos adversos dos fármacos em organismos aquáticos e terrestres podem ser em qualquer nível de hierarquia biológica, podendo atingir células, órgãos, organismos, população e ecossistema. Os efeitos aos seres humanos e organismos aquáticos podem ocorrer em concentrações da ordem de ng L^{-1} . Ferrari *et al.* (2003)⁸ estudaram os efeitos tóxicos do diclofenaco em bactérias, algas, micro-crustáceos e peixes. Os autores verificaram, dentre os testes realizados em sistema Microtox com mais de 30 min, que a maior concentração de DCF que causou 50% do efeito agudo (EC_{50}) foi de $11,454 \text{ mg L}^{-1}$ e não foi observada toxicidade crônica nos organismos testados na concentração de 1 a 10 mg L^{-1} . Em seres humanos, têm sido observados alguns efeitos secundários do DCF, tais como, alterações inflamatórias e degenerativas no fígado⁹ e alterações renais.¹⁰

Atualmente, tanto na legislação brasileira, como na internacional, não existe regulamentação para o controle de resíduos de DCF presentes em água potável. Isto acontece porque as concentrações de DCF no ambiente aquático são geralmente baixas, em $\mu\text{g L}^{-1}$ e ng L^{-1} , e também há falta de conhecimento sobre o grau de toxicidade aguda e crônica desses compostos aos organismos aquáticos e à saúde humana.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência de remoção do DCF durante o tratamento de água nas etapas de coagulação com sulfato de alumínio, floculação, sedimentação, filtração em areia e desinfecção (pós-cloração).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE ESTUDO

A água de estudo foi preparada com água do poço artesiano do campus 1 da USP de São Carlos. Empregou-se na preparação da água de estudo substâncias húmicas aquáticas (SHA) e caulinita, para conferir cor verdadeira de 20 uH e turbidez de 70 uT, respectivamente. A fração de SHA foi extraída da água coletada no rio Itapanhaú (Bertioga-SP), utilizando as resinas XAD-8 (ácidos hidrofóbicos) de acordo a metodologia em Malcolm e MacCarthy (1992).¹¹ Com base no desenvolvimento do método de quantificação do DCF, a concentração de DCF adicionada na água de estudo foi de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ com pureza $\geq 99\%$. As amostras de água do poço artesiano e da água de estudo foram caracterizadas de acordo com alguns principais parâmetros físico-químicos, cor verdadeira, cor aparente, turbidez, metais, dureza, alcalinidade total e carbono orgânico dissolvido.

2.2 CONTRUÇÃO DOS DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO (SÉRIE I)

Foram feitos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação variando-se a dosagem de sulfato de alumínio e o pH de coagulação (com solução de $\text{NaOH } 0,2 \text{ mol L}^{-1}$) para determinação da região de coagulação eficiente na remoção de turbidez e cor aparente do sobrenadante. As condições dos ensaios foram: tempo de mistura rápida (T_{mr}) = 10 s e gradiente de mistura rápida (G_{mr}) = 1000 s^{-1} ; tempo de floculação (T_f) = 20 min e gradiente de floculação (G_f) = 15 s^{-1} ; velocidade de sedimentação (V_s) = $1,0 \text{ cm min}^{-1}$; temperatura da água = 20°C . As dosagens de coagulante sulfato de alumínio usada neste estudo referem-se ao produto comercial líquido com 7,3 % (m/m) de Al_2O_3 e 3,85 % (m/m) de alumínio. Os parâmetros de controle foram: pH de coagulação, turbidez e cor aparente do sobrenadante.

2.3 REPRODUÇÃO DAS CONDIÇÕES DE COAGULAÇÃO (SÉRIE II)

Foram escolhidas três condições de “dosagem de sulfato de alumínio x pH de coagulação” para fazer os ensaios de coagulação, floculação, sedimentação e filtração em FLAs com areia entre 0,30 e 0,59 mm. O tempo de filtração foi de 20 min com taxa média de 50 a 60 m³/m²dia. As condições desse ensaio foram iguais da série I. Os parâmetros de controle da água coagulada foram: pH de coagulação; da água decantada: turbidez e cor aparente; da água filtrada: turbidez, cor aparente, DCF, COD, pH e alumínio residual.

2.4 ENSAIO EM CICLO COMPLETO (SÉRIE III)

Para verificar a remoção de DCF e COD em ciclo completo, foi escolhida uma condição de coagulação da Série I. A pós-cloração da água filtrada foi feita com 5,0 mg L⁻¹ de cloro em frascos de vidro âmbar tampados. A reação do cloro foi inibida com ácido ascórbico. Os parâmetros de controle da água após 30 min e 24 horas do térmico da pós-cloração foram: cloro residual antes de inibir a reação do cloro, DCF, trialometanos (clorofórmio, bromodiclorometano (BDCIM), dibromoclorometano (DBCIM) e bromofórmio (BMF)) cor aparente, turbidez, COD e pH após inibir a reação do cloro.

2.5 ANÁLISE CROMATOGRÁFICA

A concentração de DCF nas amostras de água estudada foi determinada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de DAD (arranjo de fotodiodo). A validação do método cromatográfico foi realizada de acordo as normas estabelecidas pela Resolução RE nº 899/2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para métodos bionalíticos (empregado a matrizes complexas).¹³

As condições cromatográficas empregadas no estudo foram às seguintes: coluna: ZORBAX ODS (4,6 x 250 mm, 5 µm); fase móvel A: acetonitrila (0,05 % ácido trifluoracético); fase móvel B: água ultrapura (0,05 % ácido trifluoracético); proporção da fase móvel A e B: 65:35 (v/v); vazão: 0,8 mL min⁻¹, volume de injeção: 20 µL e comprimento de onda: 278 ± 4 nm. A extração do DCF foi feita por meio de extração em fase sólida com adsorvente C18 (Phenomex).

2.6 MÉTODO CROMATOGRÁFICO PARA A ANÁLISE DOS TRIALOMETANOS

As análises cromatográficas para determinação dos THM (clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometano e bromofórmio) foram feitas no laboratório de Recursos Hídricos da UNAERP, em Ribeirão Preto. O equipamento utilizado foi um cromatógrafo a gás (GC), da marca Varian, modelo 3600 CX, com detector de captura de elétrons (ECD). O padrão de calibração foi um padrão misto de THM da Supelco (48140-U), na concentração de 2000 mg L⁻¹ de cada THM em metanol. O padrão interno (PI) foi o diclorometano de grau cromatográfico, marca J. T. Baker. A solução estoque do PI foi preparada a partir da diluição de diclorometano em MTBE. O método utilizado para a extração de THM foi baseado no procedimento descrito no método USEPA 551.1/1995 (USEPA, 1995).

As condições usadas para a operação do cromatógrafo foram às seguintes: Coluna J&W-DB-1, 30 m x 0,32 mm ID e 5 µm filme; Gás de arraste nitrogênio 5.0 ECD com vazão de 3,6 mL min⁻¹, 74 cm s⁻¹ com pressão de 15 psi (1,071 atm); Temperatura do injetor a 160°C e temperatura do detector a 290°C; Temperatura inicial do forno de 40°C por 1 min, rampa de aquecimento até 125°C na razão de 5°C min⁻¹ por 2 min, rampa de aquecimento até 150°C na razão de 35°C/min e permanecendo em 150°C por 10 min; Com vazão de divisão de amostra em 2mL min⁻¹ e sensibilidade 10;

Tempo total aproximado de 25 min para cada análise; Volume de extrato injetado 1 µL.

Para a construção das curvas analíticas foi utilizado água purificada (18,2 MΩ cm a 25 °C). Para garantir a isenção de compostos voláteis, cloro e matéria orgânica, a água purificada passou pelo seguinte procedimento: adição de carvão ativado e filtração em 0,45 µm; fervura por 10 min; exposição à radiação UV por 1 minuto; borbulhamento de nitrogênio por 5 min; resfriamento e acondicionamento em frasco de vidro âmbar a 4 °C. Em cada balão foram adicionados 10 µL de padrão interno 1% em MTBE, inclusive em um branco, seguido de uma leve agitação. Posteriormente um volume de 4 mL de MTBE (a 4°C) foi adicionado para extração líquido-líquido, seguido de forte agitação por 5 min e decantação a temperatura de – 4 °C.

Durante todo o procedimento de manipulação com padrões e solventes para diluição e preparo da curva de calibração, foi colocado gelo em uma bandeja plástica onde os reagentes e vidrarias em uso permaneceram apoiados para evitar perdas por evaporação.

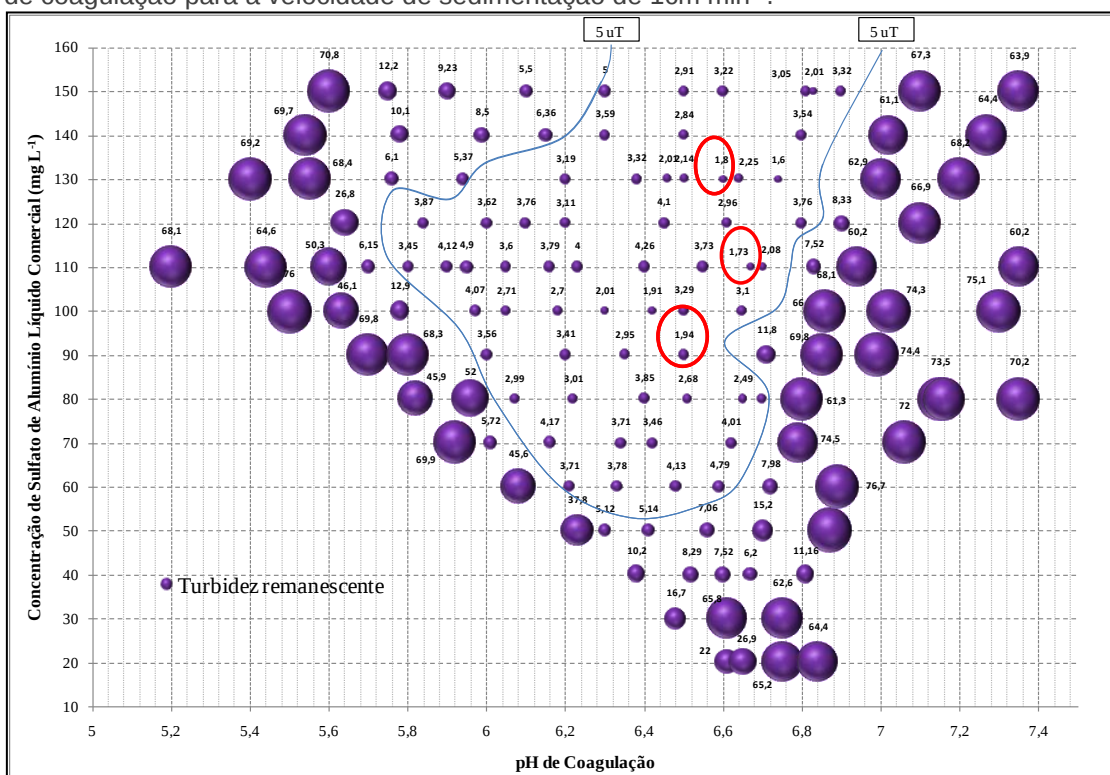
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da água do poço artesiano e da água de estudo. A água do poço usada no preparo da água de estudo foi praticamente isenta de cor aparente (< 1 uH), turbidez (0,39 uT) e alguns metais (Cd, Cr, Al, Fe, Mn, Pb, Zn). As principais características das amostras de água de estudo fortificadas com 1 mg L^{-1} de DCF foram: pH = 6,8 – 7,1; cor aparente = 397 uH; cor verdadeira = 20 uH; absorvância em 254 nm (UV254) = 0,23; turbidez = 70 uT, COD = 20,5 - 24,3 mg L^{-1} ; alcalinidade total = 22,0 - 23,0 $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$; dureza = 18,0 $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$; Ca = 0,64 mg L^{-1} e Mg = 7,89 mg L^{-1} .

3.1 CONTRUÇÃO DO DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO (SÉRIE I)

O diagrama de remoção de turbidez remanescente (uT) foi construído para Vs de $1,0 \text{ cm min}^{-1}$, conforme descrito na série I, e está apresentado na Figura 1.

Figura 1: Diagrama de turbidez remanescente em função da dosagem de sulfato de alumínio e do pH de coagulação para a velocidade de sedimentação de 1 cm min^{-1} .



Fonte: Os autores.

Pode-se verificar por meio do diagrama de coagulação que houve região com turbidez remanescente abaixo de 5 uT. Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), recomenda-se turbidez máxima da água decantada de 5 uT.¹⁴ As

dosagens de “coagulante x pH de coagulação” selecionadas no diagrama foram: 90mg L⁻¹ x pH 6,5, 110 mg L⁻¹ x pH 6,7 e 130 mg L⁻¹ x pH 6,6.

3.2 REPRODUÇÃO DAS CONDIÇÕES DE COAGULAÇÃO (SÉRIE II)

A partir dos três pontos selecionados no diagrama (Figura 1) realizou-se o ensaio de reprodução de coagulação, floculação, sedimentação e filtração em FLAs. Na Tabela 1 são apresentados os resultados de concentrações de alumínio residual, cor aparente, turbidez, DCF e COD da água filtrada.

Tabela 1: Ensaio de reprodução para verificação da remoção de DCF e de alumínio

Coagulação		Água Filtrada					
Sulfato de Alumínio (mg L ⁻¹)	pH	Turbidez (uT)	Cor Aparente (uH)	Al residual (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	DCF (µg L ⁻¹)	pH final
90	6,5	0,45	2	0,08	23,1	973,6	6,8
110	6,7	0,35	1	0,10	22,8	977,8	6,9
130	6,6	0,32	1	0,11	23,4	971,6	6,8

Fonte: Os autores.

Por meio do ensaio de reprodução (Tabela 1), foi possível verificar que a coagulação com sulfato de alumínio seguida da floculação, sedimentação e filtração em areia não foi efetiva na remoção do DCF e de COD. A concentração de DCF encontrada na água de estudo foi igual a 977,7 µg L⁻¹. Como a diferença entre a concentração de DCF encontrada na água de estudo e nas amostras de água filtrada para as diferentes dosagens de coagulante não foram significativas, pode-se comprovar a ineficiência do tratamento em ciclo completo empregando sulfato de alumínio como coagulante na remoção do DCF. Pode-se também verificar através da Tabela 1 que a menor concentração de alumínio residual foi igual a 0,08 mg L⁻¹ para dosagem de coagulante de 90 mg L⁻¹. A concentração de alumínio residual determinada resultou abaixo do limite estabelecido pela portaria 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde que é de 0,2 mg L⁻¹.¹²

3.3 ENSAIO EM CICLO COMPLETO (SÉRIE III)

Com base no ensaio de reprodução na série I, foi selecionado o ponto com dosagem de sulfato de alumínio de 90 mg L⁻¹ (produto comercial líquido) e pH de coagulação de 6,5 (com adição de 14,8 mg L⁻¹ de hidróxido de sódio) para a execução do ensaio em ciclo completo. O critério de escolha foi os pontos com as menores dosagens de produtos químicos e menores valores de cor, turbidez remanescente e alumínio residual. Depois de fixada a dosagem de coagulante e o pH de coagulação

partiu-se para a realização de um ensaio (seis jarros no jarteste) de tratamento em ciclo completo. Alguns parâmetros analisados nas etapas de tratamento em ciclo completo e na pós-cloração se encontram na Tabela 2 e na Figura 2.

Tabela 2: Ensaio em ciclo completo para verificação da remoção do DCF e de COD.

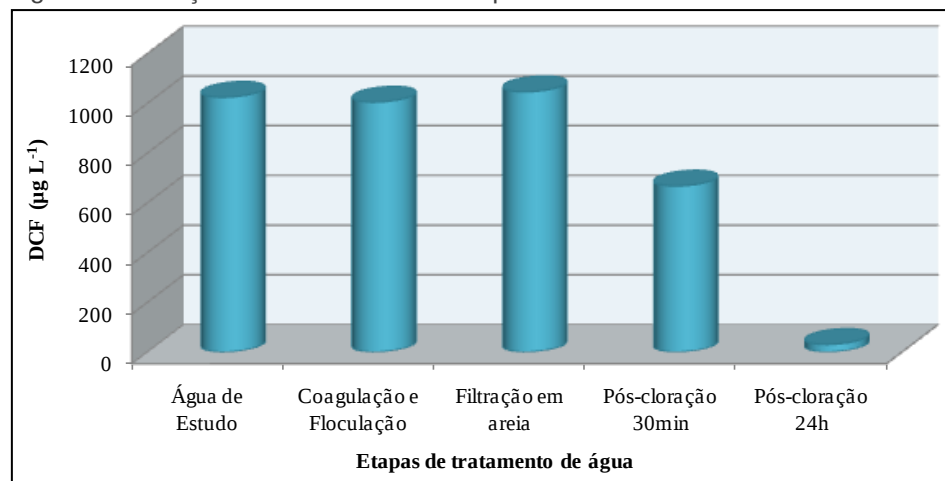
Parâmetros	Água de estudo	Água filtrada	Água pós-clorada	
			30 min	24 h
DCF ($\mu\text{g L}^{-1}$)	1024,2	1046,31	667,5	30,4
COD (mg L^{-1})	20,5	20,13	20,3	20,7
Residual de Cl_2 (mg L^{-1})	-	-	3,12	2,60
Cor Aparente (uH)	398	1	1	1
Turbidez (uT)	70	0,35	0,45	0,46
Clorofórmio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	-	-	< LIQ	< LIQ

LIQ: Limite inferior de quantificação ($10 \mu\text{g L}^{-1}$).

Fonte: Os autores.

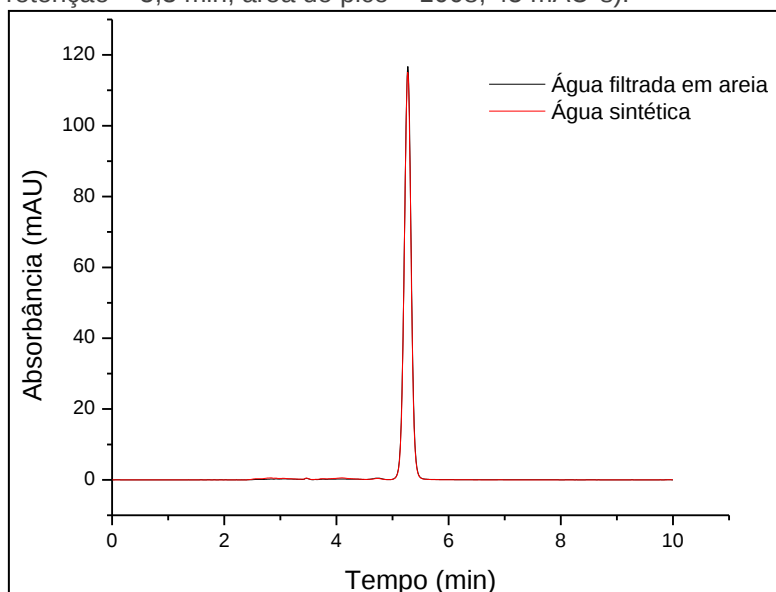
Na Figura 3 são apresentados os cromatogramas sobrepostos do DCF obtidos da água de estudo fortificada com 1 mg L^{-1} de DCF e da água submetida ao processo de coagulação, floculação, sedimentação e filtração em areia.

Figura 2: Remoção do DCF em ciclo completo.



Fonte: Os autores.

Figura 3: Cromatogramas sobrepostos do DCF obtido da água de estudo fortificada com 1 mg L^{-1} de DCF (tempo de retenção = 5,3 min, área do pico = 999, 31 mAU*s) e da água filtrada (tempo de retenção = 5,3 min, área do pico = 1008, 45 mAU*s).

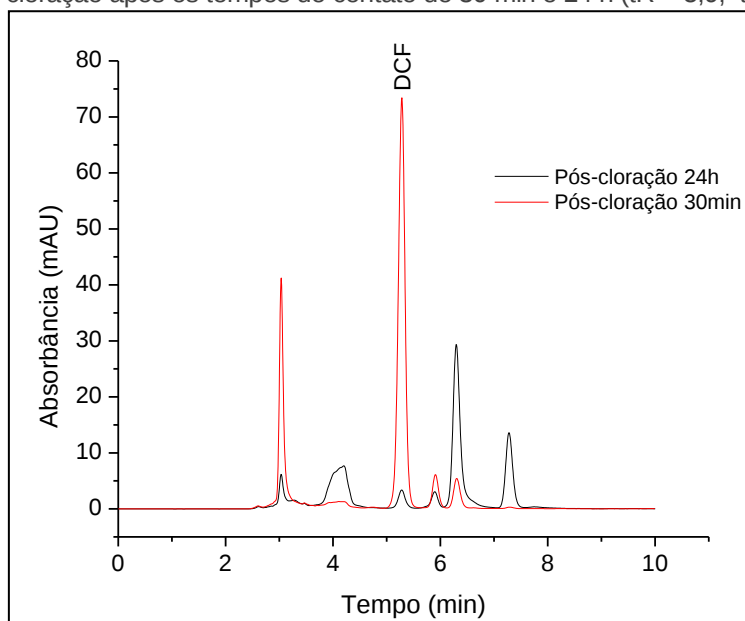


Fonte: Os autores.

Na Figura 4 são apresentados os cromatogramas sobrepostos obtidos por HPLC-DAD das amostras de água após o término de 30min e 24 h da pós-cloração com 5 mg L^{-1} de cloro.

Pelos resultados obtidos, verificou-se que na etapa de coagulação, floculação e filtração em areia não houve a remoção do DCF. Na etapa de pós-cloração houve remoção parcial do DCF, sendo mais significativa no tempo de contato de 24 h, em que a remoção foi de 97 %. Os resultados apresentados na Figura 4 indicam que houve possível formação de subprodutos originados do DCF na etapa de pós-cloração, os quais serão estudados em etapas futuras por cromatografia líquida e espectrometria de massas.

Figura 4: Cromatogramas sobrepostos para o DCF ($t_R = 5,28$ min) e subprodutos gerados na pós-cloração após os tempos de contato de 30 min e 24 h ($t_R = 5,9$; $t_R = 6,3$ e $t_R = 7,2$ min).



Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÕES

Foi constatado que o tratamento de água por coagulação com sulfato de alumínio, floculação, sedimentação e filtração em areia resultou ineficiente na remoção de DCF e de COD. Na etapa de desinfecção (pós-cloração) com dosagem de cloro de 5 mg L^{-1} , ocorreu remoção de 36 % e de 97 % de DCF após o término da pós-cloração de 30 min e 24 h, respectivamente. Porém, na etapa de pós-cloração foi verificada provável formação de subprodutos provenientes do DCF, visto que a concentração de COD resultou praticamente a mesma da água de estudo.

Analisando os resultados obtidos, para o DCF, conclui-se que o método validado por padronização externa foi confiável para a determinação desse fármaco por cromatografia líquida de alta eficiência com detector de arranjo de fotodiodo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e a FAPESP pelo apoio financeiro à pesquisa e ao Instituto de Química de São Carlos -USP .

REFERÊNCIAS

- ANVISA (2003). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/re/899_03re.htm. Acesso em: nov. 2010.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2ª ed. São Carlos: RiMa, 2005.
- BANKS, A. T.; ZIMMERMAN M.D.H.J.; ISHAK, K. G.; HARTER, J. G. Diclofenac-associated hepatotoxicity: Analysis of 180 cases reported to the food and drug administration as adverse reactions, *Hepatology*, v. 22, p. 820-827, 1995.
- BARTELS, P.; WOLF VON TÜMPLING, JR. Solar radiation influence on the decomposition process of diclofenac in surface waters. *Science of the Total Environment*, v. 374, p. 143–155, 2007.
- CASTRO, W. V.; OLIVEIRA, M. A.; NUNAN, E. A.; CAMPOS, L. M. M. Avaliação da qualidade e perfil de dissolução de comprimidos gastro-resistentes de diclofenaco sódico 50 mg comercializados no Brasil. *Revista Brasileira Farmacêutica*, v. 86, p. 45-50, 2005.
- CHRISTENSEN, F.M. Pharmaceuticals in the Environment-A Human Risk? *Regulatory toxicology and pharmacology*, v. 28, p. 212–221, 1998.
- FERRARI, B.; PAXÉUS, N.; GIUDICE, R.L.; POLLIO, A.; GARRIC, J. Ecotoxicological impact of pharmaceuticals found in treated wastewaters: study of carbamazepine, clofibric acid, and diclofenac. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 55, p. 359-370, 2003.
- JORGENSEN, S. E.; HALLING-SØRENSEN, B. Editorial: drugs in the environment. *Chemosphere*, v. 40, p. 691-699, 2000.
- PORTARIA 518 BRASIL. Ministério da Saúde. Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano. Portaria n. 518 de 25 de março de 2004. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>. Acesso em: nov. 2010.
- REVAI, T.; HARMOS, G. Nephrotic syndrome and acute interstitial nephritis associated with the use of diclofenac. *Wien. Klin. Wochenschr*, v. 111, p. 523–524, 1999.
- MALCOLM, R.L.; MACCARTHY, P. Quantitative evaluation of xad-8 and xad-4 resins used in tandem for removing organic solutes from water, *Environ. Intern.*, v. 18, p. 597-607, 1992. 607.
- TERNES, T. A. Occurrence of drugs in German sewage treatment plants as rivers. *Water Research*, v. 32, n.11, p. 3245-3260, 1998.
- TOGOLA, A.; BUDZINSKI, H. Multi-residue analysis of pharmaceutical compounds in aqueous samples, *Journal of Chromatography A*, v. 1177, p. 150-158, 2008.
- ZHANG, Y.; GEIßEN, S. U.; GAL, C. Carbamazepine and diclofenac: Removal in wastewater treatment plants and occurrence in water bodies. *Chemosphere*, v. 73, p. 1151–1161, 2008.

CAPÍTULO 17

ATERRO SANITÁRIO DE GOIÂNIA – GO, BRASIL: FUNGOS PATOGÊNICOS E CUSTEIO DO TRATAMENTO MICOLÓGICO DOS CATADORES DE LIXO EM RELAÇÃO AO PISO NACIONAL DO SALÁRIO MÍNIMO.

Evandro Leão Ribeiro

Docente de Micologia do Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública da Universidade Federal de Goiás. Doutor em Ciências da Saúde pela Universidade de Brasília

Instituição: Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública da UFG

Endereço: Rua 235 s/n Setor Universitário CEP: 74.605-050 Goiânia - GO

E-mail: evandro0@ufg.br

Cleber Gomes Cardoso

Docente de Histologia e Biologia Celular do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás. Doutor em Patologia Molecular pela Universidade de Brasília

Instituição: Instituto de Ciências Biológicas 3 da UFG

Endereço: Rua 215, 219, Vila Nova CEP: 74645-140 Goiânia - GO

E-mail: clevergomes@ufg.br

RESUMO: A manutenção inadequada de resíduos sólidos, contaminados por matéria orgânica, nos aterros sanitários das cidades, cria condições favoráveis para a proliferação de fungos. Tal situação sanitária e ambiental propicia o desencadeamento de micoses no homem. Há custo significativo das drogas poliênicas e azólicas empregadas para o tratamento antifúngico, o que compromete a renda financeira dos catadores de lixo, indivíduos afetados pelas micoses advindas dos aterros sanitários. Assim, o presente trabalho teve por objetivo identificar os gêneros dos fungos presentes em resíduos sólidos no aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil, e demonstrar o custo econômico da medicação antifúngica usada no tratamento micológico dos catadores de lixo quanto ao piso nacional do salário mínimo. Trata-se de um estudo laboratorial descritivo da microbiota fúngica existente nos resíduos sólidos do aterro sanitário em análise. Mofos ou bolores foram isolados e identificados por microcultivo em lâmina e leveduras por testes de assimilação e fermentação de hidratos de carbono. Além disso, uso-se a terapêutica antifúngica disponível para o tratamento das micoses de acometimento humano, aplicável aos catadores de lixo, avaliando o custo absoluto e relativo em relação ao piso do salário mínimo brasileiro. Doze fungos anemófilos foram identificados, sendo dez fungos filamentosos (*Absidia*, *Acremonium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Trichoderma*) e duas leveduras (*Candida* e *Rhodotorula*). Derivados azólicos (fluconazol, itaconazol e miconazol) mostraram-se comercialmente com um custo mais acessível ao salário obtido pelos catadores de lixo em relação aos antibióticos poliênicos (anfotericina B e nistatina). Fungos cotonosos, em decorrência de capacidade anemofílica, continuam sendo os agentes etiológicos dos processos infecciosos fúngicos no homem, inclusive em ambiente de aterros sanitários. Valores monetários das drogas antifúngicas constituem-se uma preocupação constante dos catadores de lixo quando acometidos de micoses. Deste modo, se faz necessário o constante monitoramento da qualidade do ar dos locais de existência de aterros sanitários

e dos valores comerciais dos antifúngicos para manutenção do poder aquisitivo do salário mínimo comumente obtido pelos catadores de lixo.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário. Fungos. Custeio.

1. INTRODUÇÃO

Aterro sanitário de uma cidade compreende um depósito no qual são descartados resíduos sólidos oriundos de construções, hospitais, indústrias e residências. Estes resíduos são comumente lixos, e, em grande parte, formados por materiais não recicláveis (ALMEIDA et al., 2013). Tal situação gera, comumente, consequências quanto à degradação do meio ambiente e o esgotamento dos recursos naturais presentes na área afetada. Situações que induzem a necessidade de buscar soluções adequadas do ponto de vista ambiental, sanitário e social (RUSSO, 2005). Procedimento alcançado por meio da Lei nº 12.305/2010, com a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituindo a criação dos aterros sanitários. Solução apresentada para resolver a problemática do destino final de resíduos sólidos advindos das populações das cidades. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (PNSB-IBGE), realizada em 2008, assinalou que 50,8% das cidades brasileiras ainda depositam o lixo produzido em lixões e a PNRS estabelece um prazo para a solução do problema, pelo Poder Público, até 2014. Adequação político-sanitária ainda não implementada pelos governos municipais até o presente momento (BRASIL, 2018; POLEN, 2018).

Inclusões de resíduos orgânicos, animal ou vegetal, decorrentes de folhas, madeiras, ossos, papéis, restos alimentares, sementes etc. podem abrigar e transmitir nos aterros sanitários uma grande variedade de helmintos, bactérias, fungos e vírus (MURRAY; ROSENTHAL; PFALLER, 2017). Estas inclusões de detritos orgânicos associadas, ainda, às presenças de resíduo humano composto por urina e fezes tornam o ambiente dos aterros sanitários mais perigosos, não só pela presença de micro-organismos, mas também pela criação de um local altamente inatrativo, odor desagradável e prejudicial à saúde (PORTELA; RIBEIRO, 2014).

Proliferação e reprodução de fungos têm sido detectadas em aterros sanitários; uma vez que esses ambientes albergam presença de fontes de carbono, nitrogênio e água advinda de resíduos orgânicos depositados, além de presença de oxigênio, elementos essenciais à sobrevivência desses seres vivos (MEZZARI; FUENTEFRÍA, 2012). Embora a operação de segurança nos aterros sanitários seja realizada diariamente, envolvendo empilhamento, compactação de resíduos sólidos e cobertura com uma camada de solo, o procedimento realizado para evitar que os resíduos fiquem a céu aberto e expostos a possível contato com animais (pássaros)

está sujeito à chuva, liberação de gases e migração de insetos que atuam na disseminação de micro-organismos, inclusive fungos (DANDOLIM, 2013).

Dermatites de contato (dermatofitoses e micoses superficiais não dermatofíceas) e micoses sistêmicas e/ou oportunistas (aspergilose, candidíase, criptococose, histoplasmoze, penicilose e zigomicose) são as doenças fúngicas frequentemente relatadas em indivíduos humanos e animais que entram em contato com resíduos sólidos de aterros sanitários. Estado nutricional deficitário da população humana e animal que acessa esses locais sanitários associado ao comprometimento imunológico dos indivíduos, além de níveis sócio-educacionais baixos dos transeuntes, favorecem a ocorrência de micoses (MURRAY; ROSENTHAL; PFALLER, 2017).

Drogas poliênicas e azólicas são comumente os recursos terapêuticos disponíveis para tratamento de facções da população afetada por micoses no sistema público de saúde (MEZZARI; FUENTEFRÍA, 2012). Estes medicamentos são de custo econômico elevado em comparação aos recursos financeiros da população em geral com vencimento de um salário mínimo, como os catadores de lixo. Manutenção de uma rotatividade constante de uma população economicamente carencial tendo acesso a aterros sanitários gera ao Poder Público gastos permanentes e infundáveis (MIRANDA et al., 2009).

Diante do exposto, o presente trabalho visa auxiliar o desenho de aprimoramento da política pública de segurança sanitária em cidades, minimizando a importância dos aterros como fonte propulsora da geração de fungos e apresentar o custo econômico com tratamento antifúngico dos catadores de lixo em relação ao piso salarial nacional mínimo. Este estudo teve por objetivo identificar os gêneros dos fungos presentes em resíduos sólidos no aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil e demonstrar o custo financeiro da medicação antifúngica empregada no tratamento micológico dos catadores de lixo quanto ao piso nacional do salário mínimo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 NATUREZA DO ESTUDO E ÁREA ANALISADA

Foi realizado pelo método qualitativo um estudo descritivo laboratorial sobre os fungos de ocorrência no aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil. Local propício à manifestação de infecções fúngicas nos transeuntes, e predisposto à

população circunvizinha ao adquirento de micoses inalatórias em decorrência da maior difusão de esporos fúngicos anemófilos. Aterro sanitário localizado na Chácara São Joaquim, Km 03 da rodovia GO-060, saída para o município de Trindade – GO e adequado para o funcionamento sanitário desde 1993. Detentor de uma área territorial de $4,51 \times 10^5 \text{ m}^2$ ($16^\circ 38' 53'' \text{S}$ e $49^\circ 21' 56'' \text{W}$) e circunvizinhado pelas cidades goianas: Bela Vista de Goiás (28.077 hab), Piracanjuba (24.678 hab) e Pontalina (17.993 hab) (WIKIPÉDIA, 2018).

2.2 COLETA AMOSTRAL, ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO FÚNGICA

Foram analisadas, aleatoriamente, cinco amostras de 2 Kg de resíduos sólidos. Quatro amostras provenientes de locais próximos aos cantos (A1, A2, A3 e A4) e uma amostra do ponto central (AC) do aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil. Estas amostras identificadas foram trituradas em locais de reciclagem e transportadas em sacos de plásticos transparentes, e assepticamente desinfetados com álcool 70%, ao Laboratório de Microbiologia de uma Instituição Federal de Ensino Superior na cidade de Goiânia – GO, Brasil. Materiais depositados em béqueres esterilizados de 10 mL, previamente identificados, e preenchidos em volumes de 4 mL de água autoclavada. Após homogeneização com bastão de vidro por 5 min, cada amostra a ser analisada foi filtrada em funil de vidro, fazendo emprego de papel de filtro comum, em outro béquer. O sobrenadante, presente dentro do segundo béquer identificado, foi homogeneizado a mão, pipetado um volume de 1 mL e semeado, em duplicatas, em placas de Petri contendo ágar Sabouraud dextrose acrescido de cloranfenicol. Após incubação em estufa a $37^\circ \text{C}/24 \text{ h}$, as colônias fúngicas em aspecto de mofo foram identificadas por microcultivo em lâmina e as leveduriformes, com o emprego de testes bioquímicos de assimilação e fermentação de carbono (LACAZ et al., 2002).

2.3 CUSTEIO DE MEDICAMENTOS ANTIFÚNGICOS

De acordo com cada gênero de fungo identificado dos resíduos sólidos provenientes do aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil, e ocasionadores de micoses, o levantamento de custeio do elenco das drogas antifúngicas empregadas para o tratamento dos indivíduos humanos acometidos, no caso, os catadores de lixo, comparado percentualmente ao piso nacional do salário mínimo brasileiro, baseou-se na farmacopeia antifúngica brasileira e na forma farmacêutica apresentada pela Relação Nacional de Medicamentos Essenciais 2017 (RENAME 2017) do Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos da Secretaria de

Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos do Ministério da Saúde (DAFI/SCTI/MS), em conformidade com a Portaria nº 1.897, de 26/07/2017, e dispensados à população pelo Sistema de Farmácia Popular (BRASIL, 2017).

3. RESULTADOS

Doze gêneros de fungos foram identificados das cinco amostras de resíduos sólidos analisados do aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil. Dos quais, em dez (83,3%), houve predomínio de fungos filamentosos e, no restante (16,7%), observou-se a ocorrência de colônias leveduriformes. *Aspergillus* e *Penicillium* foram os fungos algodonosos mais identificados, enquanto, entre as leveduras, *Candida* foi gênero mais isolado (Tabela 1).

Tabela 1: Gêneros fúngicos identificados nas amostras de resíduos sólidos provenientes do aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil

Amostras analisadas (n = 05)	Gêneros de fungos (n = 12)
01	<i>Acremonium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Curvularia</i> , <i>Fusarium</i> e <i>Penicillium</i>
02	<i>Aspergillus</i> , <i>Candida</i> , <i>Curvularia</i> e <i>Penicillium</i>
03	<i>Absidia</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Candida</i> , <i>Mucor</i> e <i>Penicillium</i>
04	<i>Cladosporium</i> , <i>Curvularia</i> e <i>Fusarium</i>
05	<i>Aspergillus</i> , <i>Candida</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Rhodotorula</i> e <i>Trichoderma</i>

Fonte: Acervo da Pesquisa (2018)

Onze (91,7%) gêneros de fungos com potencial patogênico ao homem, exceto o gênero *Trichoderma*, foram detectados dos resíduos sólidos analisados do aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil. Antibióticos poliênicos e derivados azólicos constituem os dois grupos de fármacos disponíveis para o tratamento micótico ocasionado por esses fungos segundo a RENAME (Tabela 2).

Tabela 2: Custeio relativo dos antifúngicos em relação ao piso nacional do salário mínimo empregado para tratamento micológico dos catadores de lixo oriundos do aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil

Drogas antifúngicas (RENAME)	Formas farmacêuticas	Custo (R\$)	% do custo quanto ao PNSM
Anfotericina B	(complexo lipídico) 5 mg/mL – suspensão oral	2.670,00	279,8
	(desoxicolato) 50 mg – pó para solução injetável	2.098,00	219,9
	(lipossomal) 50 mg – pó para solução injetável	988,79	103,6
Fluconazol	100 mg – cápsula	44,15	4,6
	150 mg – cápsula	19,53	2,0

	2 mg/mL – solução injetável	157,52	16,5
	10 mg/mL – suspensão oral	27,20	2,8
Itraconazol	100 mg – cápsula	111,18	11,6
	10 mg/mL – suspensão oral	49,95	5,2
Nistatina	100.000 UI/mL	16,38	1,7
	2% (20mg/g) – creme	14,95	1,5
Nitrato de	2% (20mg/g) – gel oral	12,40	1,2
miconazol	2% (20mg/g) – loção	10,98	1,1
	2% (20mg/g) – pó	13,92	1,4

Piso Nacional do Salário Mínimo (PNSM/2018): R\$ 954,00 (Novecentos e cinquenta e quatro reais)

RENAME (Relação Nacional de Medicamentos Essenciais/MS) Ano vigente: 2017

Custo de medicamento obtido por unidade farmacêutica de apresentação junto ao laboratório fabricante (*home-page*) e % - percentagem.

Fonte: Acervo da Pesquisa (2018)

4. DISCUSSÃO

Resíduos sólidos, impregnados de matéria orgânica e em contato com o meio ambiente, como se verificam nos aterros sanitários das cidades, criam condições favoráveis à proliferação de fungos. Realidade micossanitária decorrente de ampla capacidade de disseminação dos propágulos fúngicos filamentosos por anemofilia. Enquanto os fungos leveduriformes têm sua propagação por contato (ALMEIDA et al., 2013). Isolamento e identificação predominante de mofos e reduzida de 02/11 (18,2%) gêneros de leveduras de *Candida* e *Rhodotorula* (Tabela 1) no lixo presente no aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil, confirmam a situação ambiental potencial indutora de doença aos indivíduos frequentadores desses locais. Pustiglione (2017), analisando o risco ocupacional para catadores de lixo reciclável, oriundos das ruas e lixões no estado de São Paulo/Brasil, constatou quantidade significativa de bioagentes fúngicos presentes, destacando o gênero *Aspergillus*. Este fungo algodinoso foi evidenciado em 04/05 (80,0%) amostras de resíduos sólidos avaliados do aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil, seguido pelo gênero fúngico *Penicillium* (Tabela 1). Fungos identificados neste estudo, exceto *Trichoderma*, são tidos como ocasionadores de micoses de pele, parasitas de mucosas (pulmão) e produtores de micotoxinas responsáveis por doenças degenerativas e até neoplasias no homem (MEZZARI; FUENTEFRÍA, 2012). Historicamente, a evidenciação do lixo, como fator indutor da proliferação de micro-organismos (bactérias, fungos e vírus), e ambientalmente, como local propício à disseminação de doenças, é conhecido desde a Idade Média (MARQUES; CRUZ, 2018). Realidade histórica presenciada com a vinda maciça da população para as cidades e o acúmulo de dejetos humanos e de animais culminando com a disseminação da peste negra, entre os anos de 1347 e

1351, com a perda de um terço da população europeia da época (ALMEIDA *et al.*, 2013). Atualmente, admite-se que cerca de cinco milhões de toneladas diárias de resíduos sólidos são gerados no mundo. Consumo crescente de bens não duráveis e o acelerado processo de concentração da população em centros urbanos são ainda apontados como fatores indutores no aumento de volume de resíduos sólidos. Dados da ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais) afirmam que foram geradas no Brasil, em 2011, cerca de 61,9 milhões de toneladas de resíduos e, segundo o IBGE, em 2013, aproximadamente, 18,0% dos resíduos brasileiros não são dispostos de maneira correta nos aterros sanitários, criando, assim, condições favoráveis à proliferação e à disseminação de fungos (BRESOLIN; DURKS; PIETROBON, 2014). Madsen *et al.* (2016), analisando a disseminação de propágulos fúngicos anemófilos durante a coleta de resíduos sólidos e presentes no ambiente da cabine do caminhão de lixo na cidade de Copenhague/Dinamarca, constaram a presença de esporos de *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Mucor* e *Penicillium*. Demais fungos cotonosos: *Absidia*, *Acremonium*, *Curvularia*, *Fusarium* e *Rhizopus* têm sido associados ao acometimento de doenças no homem na condição de micoses oportunistas (MEZZARI; FUENTEFRÍA, 2012).

O custeio de medicamentos antifúngicos tem sido uma preocupação constante dos catadores de lixo; uma vez que sua renda econômica mensal gira em torno de um piso nacional do salário mínimo. Quesada (2017) apresentou o itraconazol 100 mg com cada comprimido a R\$ 10,00. Valor mais reduzido em relação à caixa de itraconazol comercializado com 15 unidades pela tabela de preço apresentada pela RENAME 2017 (Tabela 2). Comparações entre as tabelas de preços de medicamentos utilizados pela RENAME 2017 e Tabela de Preços Máximos de Medicamentos por Princípio Ativo (TPMMPA-ANVISA) para Empresas Públicas (EP), Preço de Fábrica (PF) e Preço Máximo de Venda ao Governo (PMVG) sofre influência do ICMS (Imposto de Circulação de Mercadoria e Serviço) de 17% aplicável ao valor da medicação de fábrica no Estado de Goiás, segundo a Câmara de Regulação de Preços (CRP/MED), atualizada em 10.08.2018, da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), mostra os antibióticos poliênicos com valores oscilativos entre R\$ 2.714,53 a R\$ 17,83 e derivados azólicos entre R\$ 816,00 a R\$ 10,39; independentes da forma farmacológica do princípio ativo, apresentação farmacêutica comercializada e impostos de comercialização sofridos no Estado de Goiás (BRASIL,

2017; SAGE, 2019). Realidade que cria uma turbulência diária no preço final do medicamento comercializado no balcão da farmácia ao consumidor. Esta situação obriga a uma peregrinação constante dos catadores de lixo a encontrar preços de medicamentos mais compatíveis a sua renda mensal econômica e/ou buscar serviços governamentais de distribuição gratuita de medicamentos.

5. CONCLUSÃO

Os aterros sanitários das cidades continuam sendo locais que comumente propiciam a proliferação de micro-organismos, como os fungos. Realidade micossanitária que foi constatada quanto ao aterro sanitário de Goiânia – GO, Brasil, pela quantidade diversidade de gêneros fúngicos detectados a partir dos resíduos sólidos, contaminados de matéria orgânica, presentes nesses locais.

Os catadores de lixo permanecem ainda sendo o contingente de indivíduos mais predispostos à manifestação de micoses advindas dos aterros sanitários. Situação que impõe à Gestão Pública o constante monitoramento dos aterros. Como também a necessidade de acompanhamento dos preços dos antifúngicos praticados ao nível de mercado consumidor para que o grupo populacional, predisposto às infecções fúngicas, mantenha o poder aquisitivo de compra e/ou o adquirecimento dos medicamentos por parte do serviço público de saúde.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. N. et al. A Problemática dos Resíduos Sólidos Urbanos. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente**, Aracaju, v. 2, n. 1, p. 25-36, out. 2013.

BRASIL. IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB**. 2018. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 28 dez. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. **Relação Nacional de Medicamentos Essenciais: RENAME**. 2017. Brasília: Ministério da Saúde, 2017. Disponível em http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relacao_nacional_medicamentos_rename_2017.pdf. Acesso em: 30 dez. 2017.

BRESOLIN, A. C; DURKS, A. F; PIETROBON, J. **Caracterização dos Resíduos Sólidos Gerados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. 2014. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Tecnologia em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

DANDOLIM, A. H. P. Fungos: estudo sobre suas contribuições à biosfera. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE. **Produções Didático-Pedagógicas**, v. II, versão on-line, caderno PDE I, p. 34, 2013.

LACAZ, C. S. et al. **Tratado de Micologia Médica**. São Paulo: Sarvier, 2002. 1104 p.

MADSEN, A. M. et al. Waste workers' exposure to airborne fungal and bacterial species in the truck cab and during waste collection. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 6, n. 60, p. 651-68, jul. 2016.

MARQUES, F; CRUZ, I. **Pesquisa Aborda a Percepção sobre os Resíduos da Idade Média aos dias de hoje**. 2018. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/pesquisa-aborda-a-percep%C3%A7%C3%A3o-sobre-os-res%C3%ADduos-da-idade-m%C3%A9dia-aos-dias-de-hoje>. Acesso em: 15 dez. 2018.

MEZZARI, A.; FUENTEFRIA, A. M. **Micologia no Laboratório Clínico**. São Paulo: Manole, 2012. 200 p.

MIRANDA, E. S. et al. Disponibilidade no setor público e preços no setor privado: um perfil de medicamentos genéricos em diferentes regiões do Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n.10, p. 2147-58, out. 2009.

MURRAY, P. R.; ROSENTHAL, K. S.; PFALLER, M. A. **Microbiologia Médica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. 848 p.

POLEN. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**: entenda como a Lei 12.305/2010 impacta a sua empresa. 2010. Disponível em: <http://blog.brpolen.com.br/politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs-entenda-como-a-lei-12-305-2010-impacta-a-sua-empresa>. Acesso em: 22 dez. 2018.

PORTELA, M. O.; RIBEIRO, J. C. J. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 1, p. 115-34, 2014.

PUSTIGLIONE, L. **Risco ocupacional para catadores de lixo reciclável**. 2017. Disponível em: <http://www.marcelopustiglione.com/blog-sade-ocupacional/2017/2/19/risco-ocupacional-para-catadores-de-lixo-reciclavel>. Acesso em: 28 dez. 2017.

QUESADA, R. M. B. **Principais Antifúngicos de Uso Clínico**. Disponível em: <http://www.uel.br/eventos/ciclofarmaco/pages/arquivos/ANTIFUNGICOS%20PB1.pdf>. Acesso: 30 dez. 2017.

RUSSO, M. A. T. **Avaliação dos Processos de Transformação de Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro Sanitário**. 2005. 148f. Tese (Doutoramento em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga/Portugal, 2005.

SAGE. **Tabela ICMS 2019 Atualizada com as Alíquotas dos Estados**. 2 jan. 2019. Disponível em: <https://blog.sage.com.br/tabela-icms-2019-atualizada/>. Acesso em: 02 jan. 2019.

WIKIPEDIA. **Aterro Sanitário de Goiânia e Lista de Municípios**. 2017. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Aterro_Sanit%C3%A1rio_de_Goi%C3%A2nia. Acesso em: 28 dez. 2018.

CAPÍTULO 18

ELABORAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E MICROBIOLÓGICA DE IOGURTES COM ADIÇÃO DE COCO QUEIMADO E CALDA DE COCO, PREPARADOS A PARTIR DE POLPA DE COCO VERDE DA ESPÉCIE (*COCUS NUCIFERA* L.)

Djavania Azevêdo da Luz

Doutora em Química pela Universidade Federal da Paraíba

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Departamento de Tecnologia Química - Avenida dos Portugueses, 1966 – São Luís – MA – CEP: 65080-805 (Campus Dom Delgado)

E-mail: dja.ufma@gmail.com

Marcelo Vinicius da Silva Oliveira

Graduado em Química Industrial pela Universidade Federal do Maranhão

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Departamento de Tecnologia Química - Avenida dos Portugueses, 1966 – São Luís – MA – CEP: 65080-805 (Campus Dom Delgado)

E-mail: marcvinioiver@hotmail.com

Adenilde Nascimento Mouchrek

Doutora em Ciências dos Alimentos pela Universidade Federal de Lavras

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Departamento de Tecnologia Química - Avenida dos Portugueses, 1966 – São Luís – MA – CEP: 65080-805 (Campus Dom Delgado)

E-mail: adenild@bol.com.br

Maria da Glória Almeida Bandeira

Doutora em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Departamento de Tecnologia Química - Avenida dos Portugueses, 1966 – São Luís – MA – CEP: 65080-805 (Campus Dom Delgado)

E-mail: mgbn10@yahoo.com.br

Victor Elias Mouchrek Filho

Doutor em Química pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Departamento de Tecnologia Química - Avenida dos Portugueses, 1966 – São Luís – MA – CEP: 65080-805 (Campus Dom Delgado)

E-mail: victor.mouchrek@ufma.br

RESUMO: O consumo da polpa de coco verde é, geralmente, desvalorizado frente a água de coco. Desta forma, o reaproveitamento desta matéria-prima é viável, pois além de ser uma atitude sustentável, é de fácil aquisição e de custo zero, por se tratar de um insumo que seria destinado ao lixo. Esta pesquisa propõe a adição de polpa de coco verde da espécie *Cocus nucifera* L. como matéria-prima para formulações de iogurtes e realização de controle de qualidade físico-químico e microbiológico dos

lotes elaborados. As polpas foram adquiridas em duas praias da cidade de São Luís – MA, Brasil, e foram utilizadas na produção de quatro lotes de iogurtes denominados, A1, B1, A2 e B2. Quanto aos parâmetros de composição nutricional dos iogurtes elaborados, obteve-se os seguintes resultados para cada um dos lotes citados acima: proteínas (A1 – 5,20%, B1 – 5,10%, A2 – 4,80%, B2 – 4,70%), lipídios (A1 – 2,65%; B1 – 2,50%; A2 – 2,18%; B2 – 2,67%), carboidratos (A1 – 16,12%; B1 – 16,26%; A2 – 16,96%; B2 – 16,51%), valor calórico (A1 – 109,13 kcal/100g; B1 – 107,94 13 kcal/100g; A2 – 106,66 13 kcal/100g; B2 – 108,87 13 kcal/100g, estes resultados estão compatíveis com padrões estabelecidos pela legislação brasileira de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados e se assemelham com literatura científica. Com relação ao controle de qualidade microbiológico, todas as amostras de iogurtes apresentaram valores < 3 NMP/g de coliformes a 35°C e 45°C e ausência de *Escherichia coli*, demonstraram boas condições higiênico-sanitárias no processo de produção dos iogurtes com adição de calda de coco e coco queimado. Ou seja, os iogurtes elaborados com a polpa do coco verde apresentaram parâmetros físico-químicos e microbiológicos bastante promissores quando comparados aos já consolidados no mercado e literatura científica e, uma vez inseridos em dietas, eles podem atender parte das necessidades alimentares diárias da dieta humana.

PALAVRAS-CHAVE: iogurte, polpa de coco verde, agregação de valor.

ABSTRACT: Consumption of green coconut pulp is usually undervalued against coconut water. This way, the reuse of this raw material is viable, because besides being a sustainable attitude, it is easy to acquire and with no cost, since it is a material that would be trashed. This research proposes the addition of green coconut pulp from the species *Cocos nucifera* L. as raw material for formulations of yogurt and execution of physical-chemical and microbiological quality control of the elaborated batches. The pulps were obtained from two beaches in the city of São Luís - MA, Brazil, and they were used to produce four batches of yogurt, namely A1, B1, A2 and B2. As for the nutritional composition parameters of the yoghurt elaborated, the following results were obtained for each of the batches mentioned above: proteins (A1 – 5,20%, B1 – 5,10%, A2 – 4,80%, B2 – 4,70%), lipids (A1 – 2,65%; B1 – 2,50%; A2 – 2,18%; B2 – 2,67%), carbohydrates (A1 – 16,12%; B1 – 16,26%; A2 – 16,96%; B2 – 16,51%), caloric value (A1 – 109,13 kcal/100g; B1 – 107,94 13 kcal/100g; A2 – 106,66 13 kcal/100g; B2 – 108,87 13 kcal/100g, these results are compatible with the standards established by the Brazilian Legislation of Identity and Quality of Fermented Milk and are similar to the scientific literature. With regard to microbiological quality control, all yogurt samples presented values < 3 MPN/g of coliforms at 35°C and 45°C and absence of *Escherichia coli* showed good hygienic conditions during the yogurt production process with the addition of coconut syrup and burnt coconut. In other words, yogurt made from green coconut pulp presented quite promising physicochemical and microbiological parameters when compared to those already consolidated in the market and scientific literature and, once inserted in diets, they can meet part of the daily eating needs of the human diet.

KEYWORDS: Yogurt. Coconut green pulp. Value addition.

1. INTRODUÇÃO

A procura do consumidor por alimentos saudáveis e diferenciados tem despertado o interesse e incentivado a constante atualização dos profissionais que atuam na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos (ABREU et al., 2018).

A busca por qualidade de vida levou as pessoas a se preocuparem mais com práticas de exercícios físicos e ingerir alimentos saudáveis. Além disso, houve um aumento na procura por alimentos com alguma propriedade funcional. (SILVA et al., 2013), dentre estes, o iogurte pode ser uma boa opção.

O iogurte pode ser definido como, o produto incluído na definição de leites fermentados, cuja fermentação é realizada utilizando protosimbóticos de *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, sendo permitido, de forma complementar, adição de cultivo de outras bactérias ácido-láticas. E ainda, estes micro-organismos específicos devem ser viáveis, ativos e abundantes no produto durante seu prazo de validade. (BRASIL, 2007).

O iogurte é um leite fermentado muito consumido no mundo, sendo considerado um alimento ideal do ponto de vista nutricional, pois carrega uma diversidade de benefícios à saúde (GONÇALVES et al., 2018)

Sabendo disso, a indústria de lácteos investe cada vez mais nesse derivado do leite, seja inovando em novos sabores e/ou incrementando os já existentes com compostos que possam trazer algum benefício à saúde de seus consumidores. (SILVA et al, 2018).

Exemplo de uma matéria-prima em potencial para formulações de iogurtes é a polpa de coco verde, da espécie *Cocus nucifera L.* que é muito desvalorizada, sendo desperdiçada em lixões e em orlas marítimas de cidades litorâneas no Brasil, que é o caso de São Luís – MA. Desta maneira, o reaproveitamento da parte comestível do coco é bastante promissor. Pois agrega valor a uma matéria-prima que pode ser inserida na dieta humana, é abundante, é de fácil aquisição e de zero custo, além de colaborar com a preservação do meio ambiente.

Por essa razão, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial nutricional e microbiológico de iogurtes elaborados com adição de misturas a base de polpas de coco verde oriundas de praias da cidade de São Luís – MA.

2. METODOLOGIA

2.1 COLETA DE AMOSTRAS DE POLPA DE COCO

Foram realizadas cinco coletas (dez cocos fechados a cada coleta), de coco verde da espécie *Cocus nucifera* L. em duas praias da cidade de São Luís/MA, denominadas (A e B), estes foram acondicionados em sacos plásticos, levados posteriormente para o laboratório de físico-química do PCQA – UFMA, para o despulpamento. As coletas foram realizadas em um intervalo de uma semana cada.

Inicialmente, os cocos verdes foram higienizados por meio de lavagem por 10 minutos em solução de hipoclorito de sódio seguida por lavagem com água potável.

Com auxílio de um instrumento perfurante manual o líquido do interior do coco foi drenado através do orifício formado e recolhido. A seguir, os frutos foram abertos e a polpa foi extraída manualmente com auxílio de uma colher higienizada, onde esta foi transferida para um liquidificador doméstico higienizado para ser triturada até adquirir consistência pastosa, sendo posteriormente armazenada sob refrigeração, até que fossem utilizadas para produção de calda de coco e coco queimado.

2.2 FORMULAÇÃO DOS IOGURTES

Para produção dos lotes de iogurtes (A1, A2, B1e B2), seguiu-se quatro procedimentos: a) preparo da base do iogurte; b) preparo de calda de coco para adição em iogurte; c) preparo de coco queimado para adição em iogurte; d) adição de sabor ao iogurte (calda de coco e coco queimado previamente preparados), a serem descritos a seguir:

a) Preparo da base do iogurte: adicionou-se 1L de leite líquido pasteurizado do tipo integral comercial e aproximadamente 50g leite em pó da mesma marca do leite líquido em uma panela de alumínio comum, em seguida, homogeneizou-se com auxílio de uma colher de plástico. Após isso, submeteu-se a mistura até a fervura (95°C/5 min), utilizando-se um fogão para o aquecimento. Em seguida esfriou-se. Após o esfriamento (até aproximadamente 45°C), adicionou-se 170g de iogurte natural integral comercial e homogeneizou-se. Adicionou-se o conteúdo homogeneizado a uma iogurteira doméstica (Marca: Cadence Naturalle-1L), previamente esterilizada. E incubou-se o conteúdo láctico entre 6 - 12 horas (até obter consistência de iogurte). Em seguida, retirou-se e resfriou-se a base de iogurte em geladeira e deixou-se em repouso até que fossem adicionados os complementos para melhoramento do "flavor".

b) Preparo de calda de coco para adição em iogurte: em uma panela de cozinha higienizada adicionou-se 300g de polpa de coco previamente triturada em um processador portátil doméstico da marca Wallita. Em seguida, adicionou-se 100mL de água filtrada e por último 100g de açúcar branco-cristal comercial. Depois homogeneizou-se até levantar fervura e deixou-se em cocção por aproximadamente 10 minutos. E esfriou-se em temperatura ambiente.

c) Preparo de coco queimado para adição em iogurte: Em uma forma comum para bolo retangular pequena higienizada, adicionou-se 300g de polpa de coco previamente triturada e 100g de açúcar. Em seguida, deixou-se a mistura em forno a 180°C até que a mistura atingisse aspecto escurecido/caramelizado. Depois esfriou-se em temperatura ambiente.

d) Adição de sabor à base do iogurte: Por fim, foram elaboradas quatro formulações de iogurtes A1 (iogurte com adição de calda de coco oriundo da praia A); B1 (iogurte com adição de calda de coco oriundo da praia B); A2 (iogurte com adição de coco queimado oriundo da praia A) e B2 (iogurte com adição de coco queimado oriundo da praia B).

Em um liquidificador doméstico higienizado, adicionou-se para o preparo das quatro formulações, 75% (m/m) de iogurte e 25% (m/m) das misturas citadas acima. Embalou-se as quatro formulações em potes de plásticos com tampa de 30g com tampa, totalizando 40 amostras, em seguida, armazenou-se em geladeira a $\pm 18^{\circ}\text{C}$ para posteriores análises nutricionais e microbiológicas.

2.3 CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DOS IOGURTES ELABORADOS

Após a elaboração das quatro formulações de iogurte denominados A1, B1, A2 e B2, estes foram submetidos a caracterização nutricional (proteínas, lipídios, carboidratos e valor calórico), seguindo as recomendações do IAL (2008).

2.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DE IOGURTES ELABORADOS

As análises microbiológicas dos iogurtes elaborados (lotes: A1, B1, A2 e B2), foram realizadas durante oito semanas (tempo médio de durabilidade dos iogurtes convencionais comercializados em supermercados), a cada semana foram utilizadas amostras armazenadas em geladeira ($\pm 18^{\circ}\text{C}$) dos quatro lotes acima.

A primeira análise microbiológica foi realizada imediatamente após a produção dos iogurtes, chamado de tempo zero. Após isso, a segunda análise foi realizada na semana seguinte com uma amostra nova dos mesmos lotes citados acima e, assim sucessivamente, até completar oito semanas (2 meses).

2.4.1 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA ATRAVÉS DA TÉCNICA DOS TUBOS MÚLTIPLOS PARA OS IOGURTES ELABORADOS

A seguir a descrição de análises microbiológicas dos iogurtes A1, B1, A2 e B2 pela Técnica dos Tubos Múltiplos:

a) Teste presuntivo

Foram pesados 25g das quatro formulações de iogurte uma, transferindo-as para 225ml de solução de NaCl 0,85% seguido de homogeneização, correspondendo a diluição 10^{-1} , posteriormente foram realizadas diluições sucessivas em salina de diluições 10^{-2} e 10^{-3} , em seguida, foi feito a inoculação da diluição pela técnica de tubos múltiplos contendo Lauril, utilizando 3 tubos (com Durhans) para cada diluição (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}), sendo diluídas em ordens decrescente, as alíquotas de 1mL de cada diluição foram inoculados para o teste presuntivo em série de três tubos contendo o caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) com incubação a 35°C por 24/48 horas em estufa bacteriológica para observação ou não de gás (BRASIL, 2003).

b) Teste confirmativo para coliformes a 35°C

A confirmação da presença de coliformes totais é feita por meio da inoculação dos tubos positivos para a fermentação de lactose em caldo verde brilhante bile lactose 2% e posterior incubação a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ (BRASIL, 2003).

c) Teste complementar para coliformes a 45°C

A confirmação da presença de coliformes termotolerantes é feita por meio da inoculação em caldo EC, com incubação em temperatura seletiva de $45 \pm 0,2^\circ\text{C}$ a partir dos tubos positivos obtidos na prova presuntiva. (BRASIL, 2003).

2.4.2 ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO BIOQUÍMICA DE *ESCHERICHIA COLI* UTILIZANDO-SE O SISTEMA BACTRAY I E II.

Esta etapa usualmente é realizada empregando-se kits de identificação Bactray I e II® para microrganismos Gram-negativos oxidase negativa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 FORMULAÇÃO DOS IOGURTES

Segundo Brasil (2007), os ingredientes opcionais não-lácteos, sós ou combinados de iogurtes deverão estar presentes em uma proporção máxima de 30% (m/m) em relação ao produto elaborado.

Diante disso, as quatro formulações (A1, B1, A2 e B2) de iogurtes, cumprem o requisito da legislação brasileira contendo 75% (m/m) de iogurte natural e 25% (m/m) de seus respectivos sabores, calda de coco e coco queimado.

3.2 CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE IOGURTES ELABORADOS

A Tabela 2 apresenta os resultados médios, obtidos em triplicata, das análises nutricionais de quatro lotes de produções de iogurtes com adição das misturas a base de polpa de coco verde (calda de coco e coco queimado). Sendo A1 (iogurte com adição de calda de coco oriundo da praia A); B1 (iogurte com adição de calda de coco oriundo da praia B); A2 (iogurte com adição de coco queimado oriundo da praia A) e B2 (iogurte com adição de coco queimado oriundo da praia B).

Tabela 1: Comparação da caracterização nutricional de iogurtes elaborados com adição de calda de coco e coco queimado com dados da literatura e legislação vigente.

ANÁLISES	DADOS DESTA PESQUISA				DADOS DA LITERATURA x LEGISLAÇÃO	
	LOTE A1	LOTE B1	LOTE A2	LOTE B2		
PROTEÍNAS (%)	5,20 ± 0,02	5,10 ± 0,05	4,80 ± 0,06	4,70 ± 0,50	3,65% (MARTINS et al., 2013)	4,83% e 4,97% (MEDEIROS et al., 2011)
LIPÍDEOS (%)	2,65 ± 0,02	2,50 ± 0,01	2,18 ± 0,06	2,67 ± 0,06	1,73% (MARTINS et al., 2013)	2,5% (SCHIMIDT et al., 2012) e (MESQUITA et al., 2012)
CARBOIDRATOS (%)	16,12 ± 0,02	16,26 ± 0,02	16,96 ± 0,01	16,51 ± 0,01	13,15% a 17,41% (MEDEIROS et al., 2011)	11,6% (MESQUITA et al., 2012)
VALOR CALÓRICO (Kcal/100g)	109,13 ± 0,02	107,94 ± 0,03	106,66 ± 0,04	108,87 ± 0,05	2000 Kcal (ANVISA, 2003) Recomendação diária humana.	

Fonte: Os autores, 2020.

Os valores de proteínas encontrados nos iogurtes utilizando calda de coco foram bem próximos entre si (A1 – 5,20%) e (B1 – 5,10%) e um pouco maiores que o teores de proteínas dos iogurtes com adição de coco queimado (A2 – 4,80%) e (B2 – 4,70%). Apesar de pequenas variações, as formulações A2 e B2 apresentaram-se com resultados próximos a Medeiros et al. (2011) com resultados igual a 4,83% e 4,97% e as quatro formulações com valores superiores a Martins et al. (2013) que encontrou valor 3,65% de proteínas. Em comparação a Brasil (2007), os iogurtes

denominados A1, B1, A2 e B2 corroboram com a legislação brasileira, a qual estabelece um valor mínimo de proteínas em iogurtes de 2,90%.

Segundo Brasil (2007), os teores de lipídios, conforme os produtos sejam desnatados, parcialmente desnatados, integrais ou com creme, podem variar de 0,5%; 0,6 – 2,9%; 3,0 – 5,9% e 6,0%, respectivamente. Desta forma, pode-se dizer que o valores médios obtidos (A1 – 2,65%), (B1 – 2,50%), (A2 – 2,18%) e (B2 – 2,67%) classificam os iogurtes com adição de calda de coco e coco queimado entre os parcialmente desnatados. Com relação aos dados encontrados na literatura, todos os lotes citados estão acima do valor de Martins et al. (2013) com teor de lipídios de 1,73%. Apesar disso, os valores estão próximos e/ou idênticos aos valores encontrados por Schmidt et al. (2012) e Mesquita et al. (2012), com valor de 2,5%.

Os valores de carboidratos encontrados nos iogurtes utilizando calda de coco foram próximos entre si (A1 – 16,12% e B1 – 16,26%). De forma semelhante, os iogurtes com adição de coco queimado também foram próximos (A2 – 16,96%; B2 – 16,51%), além de serem um pouco maiores em relação aos iogurtes com adição de calda de coco. Além disso, os lotes A1, B1, A2 e B2 estiveram entre os valores encontrados por Medeiros et al. (2011) que variaram entre 13,15% a 17,41%. Por outro lado, os resultados desta pesquisa, foram superiores ao teor encontrado por Mesquita et al. (2012) com valor de 11,6% de carboidratos.

Os valores calóricos ou energéticos encontrados nesta pesquisa variaram de 106,66 a 109,14kcal/100g. Segundo a ANVISA (2003) a quantidade diária recomendado de valor calórico por pessoa é 2000 kcal, ou seja, os iogurtes elaborados atendem parte da necessidade diária recomendada. E, quando somados a outros alimentos, os iogurtes com adição de calda de coco e coco queimado podem colaborar como importantes fontes de energia, que é essencial para bom funcionamento do metabolismo humano.

3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DE IOGURTES ELABORADOS

3.3.1 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA ATRAVÉS DA TÉCNICA DOS TUBOS MÚLTIPLOS PARA OS IOGURTES ELABORADOS.

De acordo com as análises dos iogurtes em estudo, durante todo o período de monitoramento (tempo zero) e até oitava semana de armazenamento, observou-se resultados de < 3NMP/g de coliformes a 35°C, não sendo realizadas as análises microbiológicas a 45°C, pois todas as amostras apresentaram resultado negativo

(ausência de turvação e produção de gás) em Caldo Lauril Sulfato Triptose. Estes resultados podem ser consultados na Tabela 4, a seguir:

Tabela 2: Número mais provável de coliformes totais e coliformes termotolerantes nos iogurtes elaborados.

Microrganismos	A1	A2	B1	B2
Coliformes a 35°C NMP/g	< 3	< 3	< 3	< 3
Coliformes a 45°C NMP/g	< 3	< 3	< 3	< 3

Fonte: Os autores, 2020.

Os coliformes a 35°C indicam boas condições higiênico-sanitária em alimentos e que o tratamento térmico no leite utilizado na fermentação para produção da base do iogurte e a cocção das misturas a base de coco verde se mostraram eficazes. E assim, se garantiu que os produtos elaborados se apresentassem durante todo o período de monitoramento com ausência de turvação e produção de gás, ainda no teste presuntivo.

Paralelamente, os coliformes a 45°C são microrganismos indicativos que possibilitam a verificação da contaminação fecal de um determinado alimento. Diante dos resultados, observou-se que os iogurtes com adição de calda de coco e coco queimado apresentaram-se com valores de < 3 NMP/g de coliformes a 45°C em um tempo de no mínimo oito semanas. Ou seja, tais resultados, evidenciam domínio de boas práticas de manipulação de alimentos no preparo da produção das formulações propostas quatro formulações cumpriram os requisitos exigidos pela Legislação Brasileira para iogurtes que é de 10 NMP/g de coliformes a 45°C (BRASIL, 2001).

3.3.2 ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO BIOQUÍMICA DE *ESCHERICHIA COLI* UTILIZANDO O SISTEMA BACTRAY I E II.

Como os resultados do teste presuntivo foram negativos (ausência de produção de gás nos tubos) em Caldo Lauril Sulfato Triptose para todas as quatro formulações de iogurte, não houve necessidade de seguir para o teste confirmativo para coliformes termotolerantes e, conseqüentemente, não houve isolamento de colônias típicas de *Escherichia coli* e sua identificação utilizando o sistema Bactray I e II, ocasionando na ausência das mesmas.

4. CONCLUSÃO

Diante do exposto, foi possível elaborar quatro formulações de iogurtes (A1, B1, A2 e B2) saboreados com calda de coco e coco queimado, preparados a partir do

reaproveitamento da polpa de coco da espécie *Cocos nucifera* L., oriundos de praias da cidade de São Luís – MA.

A caracterização nutricional dos lotes citados acima, evidenciaram resultados promissores e atenderam aos parâmetros das legislações vigentes.

Com relação as análises microbiológicas dos iogurtes elaborados, verificou-se que todos os lotes em estudo apresentaram valores de < 3 NMP/g de coliformes a 35°C, a 45°C e *Escherichia coli*, evidenciando ótimas condições higiênico-sanitária na produção.

REFERÊNCIAS

- ANVISA (Brasil). RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/legislacao#/>](http://portal.anvisa.gov.br/legislacao#/). Acesso em: 8 dezembro 2019.
- BRASIL (2001). Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. DOU , 02/01/2001, Seção 1, p.174.
- BRASIL (2003). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62 de 26 de agosto de 2003. Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Diário Oficial da União, 18 de setembro de 2003, s. 1, p. 14.
- BRASIL (2018). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 37 - continuação, de 23 de outubro de 2007, que adota o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. DOU , 24/10/2007, Seção 1, p.5.
- DE ABREU, E.; PRECI, D.; ZENI, J.; STEFFENS, C.; STEFFENS, J. Desenvolvimento de Frozen Yogurt de iogurte em pó de leite de ovelha. Revista Ceres, 2018, 65.1: 07-15. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/jatsRepo/3052/305257944002/305257944002.pdf>>. Acesso em: 7 dezembro 2019.
- GONÇALVES, N. M.; FERREIRA, I. M; OLIVEIRA, A. M; DE CARVALHO, M. G. Iogurte com geleia de cajá (*Spondias mombin* L.) adicionado de probióticos: avaliação microbiológica e aceitação sensorial. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v. 12, n. 1, p. 54-63, 2018. Disponível em: <<http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/428>>. Acesso em: 08 janeiro 2020.
- IAL (Instituto Adolfo Lutz). 4 ed. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: IAL, 2008. 1018p.
- MARTINS, G. H.; KWIATKOWSKI, A.; BRACHT, L.; SRUTKOSKE, C. L. Q., & HAMINIUK, C. W. I. Perfil físico-químico, sensorial e reológico de iogurte elaborado com extrato hidrossolúvel de soja e suplementado com inulina. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 15, n. 1, p. 93-102, 2013. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev151/Art1510.pdf>>. Acesso em: 14 novembro 2019.
- MEDEIROS, T. C.; MOURA, A. S.; ARAÚJO, K. B. Elaboração de iogurte de jaca: Avaliação físico-química, microbiológica e sensorial. Scientia Plena, v. 7, n. 9, 2011. Disponível em: <<https://www.scientiaplenua.org.br/sp/article/view/369>>. Acesso em: 15 janeiro 2020.
- MESQUITA, R.; FIGUEIREDO NETO, A.; TEIXEIRA, F.; SILVA, V. Elaboração, análise físico-química e aceitação do iogurte com adição da tamarindo “doce” (*Tamarindus indica* L.). Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 14, n. 4, p. 381-387, 2012. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev144/Art1449.pdf>>. Acesso em: 12 dezembro 2020.
- SCHMIDT, C. A. P.; PEREIRA, C.; Anjos, G. D.; LUCAS, S. D. M. Formulação e avaliação sensorial hedônica de iogurte com polpa de acerola. Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia, 2012. Disponível em: <<http://revista.md.utfpr.edu.br/sis/index.php/IT/article/view/51>>. Acesso em: 06 dezembro 2019.

SILVA, A. M. T. D.; CAVALCANTE, O. J. D. A. Elaboração de iogurte com propriedades funcionais utilizando bifidobacteriumlactis e fibra solúvel. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais (24-Mestrado Profissional) Dissertações, v. 2, n. 1, p. 02, 2013. Disponível em: < <http://periodicos.ccta.ufcg.edu.br/index.php/PPSA/article/viewFile/34/3>>. Acesso em: 6 janeiro 2020.

SILVA, M. T. D. Avaliação sensorial e da atividade antioxidante de iogurte sabor morango enriquecido com microencapsulados de própolis vermelha. 2018. Disponível em:< <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/3818>>. Acesso em: 6 janeiro 2020.

CAPÍTULO 19

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE POLPAS DE AÇAÍ COMERCIALIZADAS EM UM ESTADO DO NORDESTE BRASILEIRO

Jéssica Keilane da Silva Andrade

Acadêmica do curso de nutrição da Faculdade UNINASSAU Teresina.

Instituição: Faculdade UNINASSAU Teresina.

Endereço: Rua Eustáquio Portela, n. 1641, Bairro Jóquei, Teresina - PI, Brasil, CEP: 64045-970.

E-mail: jessicajackson4ever@gmail.com

Maria das Graças Quaresma Lima Ferreira

Acadêmica do curso de nutrição da Faculdade UNINASSAU Teresina.

Instituição: Faculdade UNINASSAU Teresina.

Endereço: Rua Eustáquio Portela, n. 1641, Bairro Jóquei, Teresina - PI, Brasil, CEP: 64045-970.

E-mail: gracalima67@hotmail.com

Emyle Horrana Serafim de Oliveira

Acadêmica do curso de nutrição da Universidade Federal do Piauí.

Instituição: Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros.

Endereço: Rua Cícero Duarte, nº 905, Bairro Junco, Picos - PI, Brasil, CEP: 64607-670.

E-mail: emyllehorrana@hotmail.com

Eliakim Aureliano da Silva

Acadêmico do curso de nutrição da Universidade Federal do Piauí.

Instituição: Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros.

Endereço: Rua Cícero Duarte, nº 905, Bairro Junco, Picos - PI, Brasil, CEP: 64607-670.

E-mail: eliakimsilva16@hotmail.com

Helber Alves Negreiros

Graduado em Biomedicina pela Universidade Federal do Piauí.

Instituição: Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros.

Endereço: Rua Cícero Duarte, nº 905, Bairro Junco, Picos - PI, Brasil, CEP: 64607-670.

E-mail: helbernegreiros@hotmail.com

Gleyson Moura dos Santos

Graduado em Nutrição pela Universidade Federal do Piauí.

Instituição: Universidade Federal do Piauí.

Endereço, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, Teresina - PI, Brasil, CEP: 64049-550
E-mail: g_leyson_moura@hotmail.com

Nara Vanessa dos Anjos Barros

Graduada em Nutrição pela Universidade Federal do Piauí.
Instituição: Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros.
Endereço: Rua Cícero Duarte, nº 905, Bairro Junco, Picos - PI, Brasil, CEP: 64607-670.
E-mail: nara.vanessa@hotmail.com

Regina Márcia Soares Cavalcante

Graduada em Nutrição pela Universidade Federal do Piauí.
Instituição: Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros.
Endereço: Rua Cícero Duarte, nº 905, Bairro Junco, Picos - PI, Brasil, CEP: 64607-670.
E-mail: reginalunna@hotmail.com

Joyce Maria de Sousa Oliveira

Graduada em Nutrição pela Universidade Federal do Piauí.
Instituição: Instituto Federal do Ceará, Campus Camocim.
Endereço: Rua Raimundo Cals, n. 2041, Camocim - CE, Brasil, CEP: 62400-000.
E-mail: joycenutri1@hotmail.com

Maiara Jaianne Bezerra Leal Rios

Graduada em Nutrição pela Universidade Federal do Piauí.
Instituição: Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros.
Endereço: Rua Cícero Duarte, nº 905, Bairro Junco, Picos - PI, Brasil, CEP: 64607-670.
E-mail: maiararios2014@gmail.com

Crislane de Moura Costa

Graduada em Nutrição pela Faculdade Santo Agostinho.
Instituição: Faculdade UNINASSAU – Teresina
Endereço: Rua Eustáquio Portela, n. 1641, Bairro Jóquei, Teresina - PI, Brasil CEP: 64045-970.
E-mail: crislane.mc@gmail.com

Marilene Magalhães de Brito

Graduada em Nutrição pela Universidade Federal do Piauí.
Instituição: Faculdade UNINASSAU – Teresina
Endereço: Rua Eustáquio Portela, n. 1641, Bairro Jóquei, Teresina - PI, Brasil CEP: 64045-970.
E-mail: marilene_mmb@hotmail.com

Paulo Víctor de Lima Sousa

Graduado em Nutrição pela Universidade Federal do Piauí.

Instituição: Faculdade UNINASSAU – Teresina

Endereço: Rua Eustáquio Portela, n. 1641, Bairro Jóquei, Teresina - PI, Brasil CEP: 64045-970.

E-mail: paulovictor.lima@hotmail.com

RESUMO: Tendo em vista o elevado consumo de polpas de fruta de açaí, aliados à sua alta perecibilidade, faz-se necessário o constante controle dos padrões de qualidade, objetivando analisar as condições higienicossanitárias na qual o produto foi submetido e os riscos que este pode oferecer à saúde do consumidor. O presente trabalho objetivou avaliar a qualidade microbiológica de polpas de açaí comercializadas em redes de supermercados da cidade Teresina-PI. As amostras de polpas de açaí foram obtidas em supermercados localizados na cidade de Teresina-PI. Após a aquisição, as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno e encaminhadas para o laboratório de Microbiologia de Alimentos da Universidade Federal do Piauí, Campos Senador Helvídio Nunes de Barros, Picos, Piauí. Realizaram-se análises microbiológicas para a determinação de presença ou ausência de *Salmonella spp.*, coliformes totais e termotolerantes. Os resultados obtidos foram comparados com os padrões microbiológicos determinados pela legislação e observou-se a ausência de *Salmonella spp.*, de coliformes totais e termotolerantes em todas amostras de polpas de açaí, estando em conformidade com a RDC, sendo consideradas apropriadas para o consumo humano. Portanto, concluiu-se que se faz necessário a avaliação contínua da presença de microrganismos que possam acarretar riscos à saúde do consumidor, bem como a garantia do controle higienicossanitárias, bem como adoção de medidas preventivas eficientes que promova a redução desta contaminação.

PALAVRAS-CHAVE: Polpa de Frutas, Açaí, *Salmonella spp.*

ABSTRACT: Considering the high consumption of açaí fruit pulps, together with their high perishability, it is necessary the constant control of the quality standards, aiming to analyze the hygienic and sanitary conditions in which the product was submitted and the risks that this one can offer the consumer. The present work aimed to evaluate the microbiological quality of açaí pulps marketed in supermarket chains of Teresina-PI city. Samples of açaí pulps were obtained from supermarkets located in the city of Teresina-PI. After the acquisition, the samples were packed in polyethylene bags and sent to the Food Microbiology laboratory of the Federal University of Piauí, Campos Senador Helvídio Nunes de Barros, Picos, Piauí. Microbiological analyzes were carried out to determine the presence or absence of *Salmonella spp.*, total and thermotolerant coliforms. The results obtained were compared with the microbiological standards determined by the legislation and the absence of *Salmonella spp.*, of total and thermotolerant coliforms in all açaí pulp samples was observed, being in compliance with the DRC and considered appropriate for human consumption. Therefore, it is concluded that it is necessary the continuous evaluation of the presence of microorganisms that could pose risks to consumer health, as well as the guarantee of sanitary and sanitary control, as well as the adoption of efficient preventive measures that promote the reduction of this contamination.

KEYWORDS: Fruit Pulp, Açaí, *Salmonella spp.*

1. INTRODUÇÃO

O açaizeiro (*Euterpe Oleracea* Mart), pertencente à família *Arecoaceae*, é uma variedade de palmeira conhecido como açai, prevalente na região amazônica, cuja cultivo dá-se largamente em solos úmidos e nas margens de rios e lagos dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia e Maranhão, com predomínio no Amapá e Pará, crescendo em média de 25 a 30 metros de altura, dando início a produção de frutos após aproximadamente quatro anos de cultivo (Cohen et al., 2011, Oliveira & Santos, 2012).

O açai é geralmente utilizado na produção de sucos, polpas e em outras preparações, tais como: sorvetes, picolés, açai em pó, geleia de açai, doces, licores e alimentos energéticos (Almico et al., 2018 & Santos et al., 2016), e devido sua ampla aplicabilidade, o consumo de açai de açai apresenta-se cada vez mais crescente, tanto a nível nacional quanto internacionalmente. Além disso, configura-se como um alimento de alto valor nutritivo, rico em proteínas, fibras, lipídeos, ômega 6 e ômega 9, vitamina E e minerais, sendo considerado um alimento com propriedades funcionais em virtude do seu rico conteúdo de antocianinas (Bobbio et al., 2000, Menezes et al., 2008, Nascimento et al., 2008 & Portinho et al., 2012).

Devido à praticidade e a busca por produtos mais saudáveis, a comercialização e o consumo de polpas de frutas, como por exemplo a polpa de açai, é crescente, visto que é uma ótima opção de substituição com elevado valor nutritivo, já que as frutas são perecíveis e se deterioram com mais facilidade (Costa et al., 2013). Além disso, tem-se também que o açai é mencionado em vários estudos, devido à transmissão oral de doenças em virtude da precariedade das condições sanitárias encontradas nos frutos e na polpa, através da contaminação por dejetos de animais ou de insetos vetores de patologias em regiões endêmicas, afetando assim, a qualidade do produto final comercializado (Ferreira et al., 2014).

O processamento do açai é bastante deficiente no que diz respeito aos aspectos higienicossanitários, desde sua colheita, transporte, armazenamento até o processamento (Alexandre et al., 2004). Na coleta artesanal do açai, a contaminação ocorre devido aos dejetos deixados pelas aves que pousam em seus cachos em busca de comida, durante a colheita, realizada de forma artesanal, bem como durante o momento no qual o fruto é debulhado e colocado em cestos de palhas, posteriormente sendo postos diretamente em contato com o solo, sem proteção (Vasconcelos et al., 2006).

Os fatores pós-colheita também podem contribuir com a contaminação do fruto, como, por exemplo, a temperatura e umidade relativa entre a colheita e o consumo, falta de higiene dos manipuladores e dos equipamentos utilizados (Fregones et al., 2010). Tendo em vista estes fatores, alguns estudos apontam presenças de *Salmonella spp.*, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* em polpas de açaí congeladas comercializadas em grandes centros (Dantas et al., 2012, Marinho et al. 2018 & Ribeiro et al., 2007).

A contaminação microbiológica é um item relevante a ser analisado por estar diretamente relacionado ao controle de qualidade do gênero a ser disponibilizado para o consumo. Portanto as análises microbiológicas são cruciais para verificar a presença de microrganismos, e as condições higienicossanitárias nas quais foram produzidas e os riscos que eles podem apresentar para a saúde do consumidor (Barcelos et al., 2017). Portanto, tendo em vista o elevado consumo de polpas de fruta de açaí, aliados à sua alta perecibilidade, faz-se necessário o constante controle dos padrões de qualidade, objetivando analisar as condições higienicossanitárias na qual o produto foi submetido e os riscos que este pode oferecer a saúde do consumidor. O presente trabalho objetivou avaliar a qualidade microbiológica de polpas de açaí comercializadas em redes de supermercados da cidade Teresina-PI.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de polpas de açaí foram obtidas em supermercados localizados na cidade de Teresina-PI, na qual identificou-se a comercialização de quatro marcas de polpas de açaí congeladas disponíveis no mercado. Identificou-se as amostras como Polpa A, Polpa B, Polpa C e Polpa D. Após a aquisição, as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno, transportadas em uma caixa de isopor com gelo e encaminhadas para o laboratório de Microbiologia de Alimentos da Universidade Federal do Piauí, Campos Senador Helvídio Nunes de Barros, Picos, Piauí.

Para determinação de *Salmonella spp.* utilizou-se técnica qualitativa que determina a presença ou ausência do microrganismo. Esta deu-se mediante inoculação de aproximadamente 25g das amostras de polpa de açaí em meio pré-enriquecido contendo 225 mL de água peptona 1,0%, sendo incubados em temperatura de $35\pm 1^{\circ}\text{C}$, por aproximadamente 18 horas. Posteriormente, adicionou-se 1 mL do cultivo em meio enriquecido com caldo Tetracionato (TT) e incubados em

temperatura de $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24h. Em seguida, realizou-se o plaqueamento seletivo diferenciado com os inóculos dos caldos de enriquecimento seletivo em placas de Ágar Lisina Desoxicolato que foram incubadas a $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Na ocorrência de colônias típicas de *Salmonella spp.*, seguiu-se com a confirmação bioquímicas em Ágar Tríplice Açúcar Ferro (TSI) (Apha, 2001).

Os coliformes totais e termotolerantes foram determinados utilizando a técnica do Número Mais Provável (NMP). Inicialmente, utilizou-se 25 mL da polpa de açaí, o qual foi adicionado 225 ml de água peptonada 0,1%, tendo-se a diluição 10^{-1} . A partir desta diluição, foram preparadas as demais diluições, em 9 ml de água peptonada 0,1% nas quais foram colocadas alíquotas de 1 mL, preparando as diluições decimais 10^{-2} e 10^{-3} .

Para a determinação dos coliformes totais, a técnica consiste em duas fases: teste presuntivo e teste confirmativo. Para o teste presuntivo, colocaram-se alíquotas de 1 ml em 3 tubos de ensaio, com tubo de *Duhran* invertido, contendo 9 ml de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST). Os tubos foram levados à estufa e incubados a $35-37^{\circ}\text{C}$ por 24-48 horas. Os tubos que apresentaram crescimento (turvação) e produção de gás, classificaram-se como teste positivo (Apha, 2001).

Para o teste confirmativo, os tubos de LST considerados positivos foram semeados em tubos contendo 9 mL de Caldo Verde Brilhante Bile 2%, com tubo de Durham invertido, sendo incubado a 35°C , durante 24-48 h. A prova foi considerada positiva somente quando foi verificado a turvação do meio e produção de gás nos tubos de Durham, dentro de um período de incubação máximo de 48 h. Para cada diluição, o número de tubos positivos foi anotado e quantificado por meio da tabela de NMP, determinando, assim, o NMP de bactérias coliformes termotolerantes por grama de produto analisado (Apha, 2001).

Para a etapa confirmativa de coliformes termotolerantes, uma alçada de cada cultura foi tomada dos tubos positivos de LST e transferida para tubos de Caldo E. coli (EC), contendo tubos de Durham invertidos, e incubados a 45°C , em banho-maria. Após a incubação por 24-48 horas, foi realizada leitura e os tubos que apresentarem turvação do meio e produção de gás foram considerados positivos para bactérias do grupo coliformes termotolerantes. Para cada diluição, o número de tubos positivos foi anotado e quantificado por meio da tabela de NMP, determinando, assim, o NMP de bactérias coliformes termotolerantes por grama de produto analisado (Apha, 2001). Os resultados obtidos foram comparados com os padrões microbiológicos

determinados pela RDC nº 12, de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (Brasil, 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ausência de métodos que garantam a qualidade sanitária do açaí ao longo das fases de colheita, compra, armazenamento, preparo e exposição, tornam esse produto inadequado ao consumo. A constatação das condições higienicossanitárias deve ser avaliada com intuito de garantir a segurança do seu consumo (Nonato et al, 2014).

Na tabela 1 tem-se os resultados da análise de *Salmonella spp.* obtidas em amostras de polpas de açaí comercializadas em supermercados de Teresina- PI.

Tabela 1: Análise de *Salmonella spp.* nas amostras de polpas de açaí comercializadas em supermercados da cidade de Teresina- PI.

Polpa	<i>Salmonella spp.</i> (25 g)
A	Ausente
B	Ausente
C	Ausente
D	Ausente

Fonte: Fonte: Dados da Pesquisa.

De acordo com a tabela 1, não foi observado crescimento de *Salmonella sp* em 25 gramas das amostras de polpa de açaí. Um das justificativas para sua ausência nas amostras analisadas é que a microbiota natural dessa bactéria seria em alimentos de origem animal. Segundo Ribeiro et al. (2007), os veículos mais frequentes de transmissão da *Salmonella spp.* são os alimentos de origem animal, principalmente os produtos avícolas.

Almico et al. (2018) e Eto et al. (2010), em estudo similar, analisaram 3 amostras de polpas de açaí congeladas comercializados em hipermercados em Aracaju-SE e 10 amostras de polpas de açaí na cidade de João Pessoa-PB, respectivamente, no qual relataram a ausência de *Salmonella spp.* em suas amostras. O mesmo foi observado em Santos & Romão (2017) que demonstraram ausência desse patógeno nas 15 amostras coletadas em 5 pontos distintos em feiras livres no município de Ji-Paraná – RO.

Entretanto, um estudo realizado por Dantas et al. (2012), sobre a qualidade microbiológica de polpa de frutas comercializadas na cidade de Campina Grande-PB,

onde utilizou-se 19 amostras de polpas de frutas, identificou-se à presença de *Salmonella spp.* em 4 das marcas analisadas.

Cohen et al. (2011) analisaram dez polpas de açaí na cidade de Belém-PA, demonstrando que todas as amostras analisadas estavam fora dos padrões de qualidade sanitária exigidos pela legislação e em quatro delas foram detectadas a presença de *Salmonella spp.*

A *Salmonella* é uma bactéria frequente em alimentos contaminados, sendo uma das causadoras de doenças transmitidas por alimentos (DTA), dentre os quais a salmonelose é a manifestação mais comum da infecção dessa bactéria em todo o mundo, seguido pela bacteremia e febre entérica (Shu-Kee Eng et al, 2015 & Feitosa et al., 2017).

De acordo com a RDC N° 12/2001 (Brasil, 2001), por ser uma bactéria patogênica, o padrão determinado para este microrganismo é a sua ausência em 25 gramas de amostra. Sendo assim, todas as quatro amostras analisadas estão dentro dos padrões de qualidade exigidos pela legislação (Tabela 1).

A tabela 2 demonstra os resultados para coliformes totais e termotolerantes nas amostras de polpa de açaí comercializadas em supermercados de Teresina- PI.

Tabela 2: Análise de coliformes totais e termotolerantes nas amostras de polpas de açaí comercializadas em supermercados de Teresina- PI.

Polpa	Coliformes (NMP/g)	Coliformes (NMP/g)	termotolerantes
A	Ausente	Ausente	
B	Ausente	Ausente	
C	Ausente	Ausente	
D	Ausente	Ausente	

Fonte: Dados da Pesquisa.

De acordo com a tabela 2, não foi observado a presença de coliformes totais nas amostras analisadas e, conseqüentemente, a ausência de coliformes termotolerantes. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da RDC n° 12 de 02 de janeiro de 2001, estabeleceu os padrões microbiológicos para alimentos, em relação às polpas de fruta, fixando limites máximo de 10² UFC/g de coliformes totais, demonstrando que as amostras de polpas de açaí do presente estudo estão de acordo com o padrão microbiológico preconizado.

No estudo realizado por Marinho et al. (2018), relataram que nas análises microbiológicas em polpas de açaí congeladas, comercializadas na capital São Luís-MA, estavam inadequadas para o consumo por possuírem altas contagens para coliformes totais. Cohen et al. (2011) demonstraram que todas as dez amostras de polpa de açaí analisadas estavam contaminadas por coliformes termotolerantes e nove delas apresentaram contaminação por *E. Coli*.

Já em outro estudo realizado por Eto et al. (2010), Freitas et al. (2015) e Oliveira & Santos (2011), encontraram resultados satisfatórios em seus estudos, uma vez que nenhuma das amostras analisadas apresentaram contaminação por coliformes totais, resultados estes semelhantes aos do presente estudo.

A contaminação microbiológica em polpas de açaí pode ocorrer durante qualquer etapa do seu sistema produção, tornando-se um risco à saúde de seus consumidores, tornando-se veículos para Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs). Contudo, segundo Faria et al. (2012) e Cohen et al. (2011), afirmam que a contaminação e a proliferação microbiana são frequentemente citadas na literatura, sendo associada à manipulação inadequada durante o processamento da matéria-prima ou a contaminação dos equipamentos, assim como, o tratamento térmico insuficiente.

Uma das medidas que devem ser adotadas para a redução da carga microbiana em polpas de frutas é a utilização de altas temperaturas por um curto período de tempo. Castro et al. (2016) submeteram polpas de açaí a temperaturas entre 90 a 100°C por 5 segundos, observando uma redução significativa de até 81% dos coliformes totais e 99% dos fungos, conferindo à polpa de açaí segurança microbiológica para seu consumo.

Faria et al. (2012) determinaram a qualidade microbiológica de 36 amostras polpas de açaí comercializadas na cidade de Pouso Alegre, em Minas Gerais, nas quais 27 amostras encontravam-se acima dos valores estabelecidos pela legislação para a contagem de coliformes totais, bem como observaram a presença de *E. coli*.

Dantas et al. (2012) também relatou, em seu estudo realizado na cidade de Campina Grande-PB, a presença de coliformes totais em 4 das 19 amostras analisadas, apresentaram valores que variaram de 3 a 3,6 NMP/g, evidenciando que as mesmas não estavam em condições satisfatória de higiene para os padrões estabelecidos.

Com isso, todas as amostras analisadas apresentaram 100% de adequação em relação aos parâmetros microbiológicos, a RDC N° 12/2001. O controle dos perigos biológicos em alimentos, bem como dos perigos físicos e químicos, é de suma importância para se obter um alimento seguro para o consumo, sem repercussões negativas à saúde do consumidor.

4. CONCLUSÃO

Concluiu-se que todas as amostras de polpas de açaí analisadas não apresentaram contaminação por *Salmonella spp.*, coliformes totais e termotolerantes, sendo consideradas adequadas ao consumo, de acordo com os padrões recomendados pela RDC n° 12/2001. Diante disso, torna-se de suma importância à avaliação contínua da presença de microrganismos que possam acarretar riscos à saúde do consumidor, garantindo, assim o controle higiênico-sanitário, bem como adoção de medidas preventivas eficientes que diminua essa contaminação.

REFERÊNCIAS

- Alexandre, D., Cunha, R. L. & Hubinger, M. D. (2004). Conservação do açaí pela Tecnologia de obstáculos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24, (1), 114-119.
- Almico, J. D., Ferreira, I. M., Ramos, G. D., Silva, A. M. O. & Carvalho, M. G. (2018). Avaliação da qualidade microbiológica, físico-química e química de polpas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) pasteurizadas congeladas comercializadas em Aracaju-SE. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 12, (2), 156- 168.
- American Public Health Association. (2001). Committee on Microbiological for Foods. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4th ed. Washington: Alpha.
- Barcelos, I. R., Valliatti, T. B., Almeida, F. K. V., Prazeres, P. F. L., Calegari, G. M., Silva, W. M. C., Sobral, F. O. L. & Romão, N. F. (2017). Qualidade microbiológica de polpas de açaí comercializadas no município de Ji-Paraná, Rondônia. *Uniciências*, 21, (1), 21-24.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2001). Resolução RDC 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Brasília-DF.
- Bobbio, F. O., Druzian, J. I., Abrão, P. A., Bobbio, P. A. & Fadelli, S. (2000). Identificação e quantificação das antocianinas do fruto do açaizeiro (*Euterpe oleracea*) Mart. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 20, (3), 388-390.
- Castro, R. W., Borges, G. S. C., Gonzaga, L. V. & Ribeiro, D. H. B. (2016). Qualidade do preparado para bebida obtido a partir de polpa de juçara submetida ao tratamento térmico. *Brazilian Journal Food Technology*, 1, (19).
- Cohen, K. O, Matta, V. M, Furtado, A. A. L., Medeiros, N. L. & Chisté, R.C. (2011). Contaminantes microbiológicos em polpas de açaí comercializadas na cidade de Belém-PA. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 5, (2), 524-530.
- Costa, D. O., Cardoso, G. R. & Silva, G. M. V. (2013). A evolução do setor produtivo e comercialização de polpa de fruta no brejo paraibano: estudo de caso na coaprodes. In: *XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Enegep.
- Dantas, L. R., Rocha, A. P. T., Araújo, A.S., Rodrigues, M. S. A.; Maranhão, T. K. L. (2012). Qualidade microbiológica de polpa de frutas comercializadas na cidade de Campina Grande, PB. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 14, (2), 125-130.
- Eto, D.K., Kano, A. M., Borges, M. T. M. R., Brugnaro, C., Ceccato-Antonini, S. R. & Verruma-Bernardi, M. R. (2010). Qualidade Microbiológica e físico-química da polpa e mix de açaí armazenada sob congelamento. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 69, (3), 304-10.
- Faria, M., Oliveira, B. D. & Costa, F. E. C. (2012). Determinação da qualidade de polpas de açaí congeladas comercializadas na cidade de Pouso Alegre-MG. *Revista de Alimentos e Nutrição*, 3, (2), 243-249.
- Feitosa R.C., Sousa A.C.P., Teixeira, S. A. & Medeiros S.R.A. (2017). Avaliação da rotulagem e da qualidade microbiológica e físico-química de polpas de frutas comercializadas em Picos-PI. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, 10, (2), 62-72.

Ferreira R. T. B., Branquinho M. R. & Leite P.C. (2014). Transmissão oral da doença de Chagas pelo consumo de açaí: um desafio para a vigilância sanitária. *Revista Visa em Debate*, 2, (4), 4-11.

Fregonesi, B. M., Yokosawa, C. E., Okada, I. A., Massafra, G., Braga-Costa, T. M. & Prado, S. P. T. (2010). Polpa de açaí congelada: características nutricionais, físico-químicas, microscópicas e avaliação da rotulagem. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 69, (3), 387-395.

Freitas, B., Bento, F.S., Santos, F. Q., Figueiredo, M., América, P. & Marçal, P. (2015). Características físico-químicas, bromatológicas, microbiológicas e microscópicas de polpas de açaí (*Euterpe oleraceae*) congeladas do tipo b. *Journal of Applied Pharmaceutical Sciences-JAPHAC*, 2, (2), 2-13.

Marinho, O. S. C., Moura, A. R. N., Rabelo, H. P. S. M., Silva, G. M. & Furtado, J. G. C. (2018). Condições microbiológicas de polpas congeladas de açaí comercializadas em mercados públicos de São Luís - MA. *Journal of. Health Connections*, 2, (1), 44-59.

Menezes, S. E., Torres, A. T. & Srur, A. U. S. (2008). Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe Oleracea* Mart). *Revista Acta Amazonica*, 38, (2), 311-316.

Nascimento, R. J. S., Couri, S., Antoniassi, R. & Freitas, S. P. (2008). Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30, (2), 498-502.

Nonato, S. G. N., Medeiros, S. R. A., Oliveira, A. M. C., Sousa, P. A. B., Sousa, A. C. P. & Oliveira, E. S. (2014). Avaliação das condições higiênico-sanitárias de indústrias processadoras de açaí de Imperatriz-MA. *Revista Intertox de Tecnologia, Risco Ambiental e Sociedade*, 7, (3), 114-123.

Oliveira, E. N. A. & Santos, D. C. (2011). Processamento e avaliação da qualidade de licor de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 4, (7), 534-41.

Portinho, J. A., Zimmermann, L. M. & Bruck, M. R. (2012). Efeitos benéficos do açaí. *International Journal of Nutrology*, 5, (1), 15-20.

Ribeiro, A. R., Kellermann, A., Santos, L. R., Bessa, M. C. & Nascimento, V. P. (2007). *Salmonella* spp. in raw broiler parts: occurrence, antimicrobial resistance, profile and phage typing of *Salmonella* Enteritidis isolates. *Brazilian Journal of Microbiology*, 38, (2), 296-299.

Santos, B. A et al. (2016). Análise microbiológica de polpas de açaí comercializadas na cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, 48, (1), 53-7.

Santos, F. N. & Romão, N. F. (2017). Avaliação microbiológica e parasitológica de polpas de açaí comercializadas na cidade de Ji-Paraná – RO. *SaBios – Revista de Saúde e Biologia*, 12, (2), 27-32.

Shu-Kee, E. et al. (2015). Salmonella: A review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance. *Frontiers in Life Science*, 8, (3), 284-293.

Vasconcelos M. A. M., Galvão R. R., Carvalho A. V. & Nascimento V. (2006). Práticas de Colheita e Manuseio do Açaí. 1ª ed. Belém, PA: *Embrapa Amazônia Oriental*, 25.

CAPÍTULO 20

ADSORÇÃO DE MINERAIS ALCALINOS UTILIZANDO CINZA DE CASCA DE ARROZ TRATADA DE FORMA ÁCIDA.

Beatriz de Souza Gonçalves Proença

Dotouranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos da Universidade Estadual de Maringá

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Av. Colombo, 5790 - Bloco J45 - Zona 7, Maringá – PR, Brasil

E-mail: beatriz_proenca@hotmail.com

Ailey Aparecida Coelho Tanamati

Doutora em Química pela Universidade Estadual de Maringá

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: R. Rosalina Maria dos Santos, 1233 - Vila Carola, Campo Mourão - PR, Brasil.

E-mail: aactanamati@utfpr.edu.br

Miguel Angel Aparício Rodriguez

Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: R. Rosalina Maria dos Santos, 1233 - Vila Carola, Campo Mourão - PR, Brasil.

E-mail: migrod1995@gmail.com

Nelson Consolin Filho

Doutor em Ciências e Engenharia de Materiais pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: R. Rosalina Maria dos Santos, 1233 - Vila Carola, Campo Mourão - PR, Brasil.

E-mail: consolin@utfpr.edu.br

Lúcio Cardozo Filho

Doutor em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Av. Colombo, 5790 - Bloco D90 - Zona 7, Maringá - PR, Brasil.

E-mail: lcfilho@uem.br

Stéphani Caroline Beneti

Doutora em Engenharia de Alimentos pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: R. Rosalina Maria dos Santos, 1233 - Vila Carola, Campo Mourão - PR, Brasil

E-mail: stephanibeneti@yahoo.com.br

RESUMO: O ramo industrial cresce desenfreadamente, assim como a problemática referente a destinação dos resíduos agroindustriais, é fundamental obter meios para empregá-los. Aliando este inconveniente a outro problema ambiental, que é o

tratamento das águas de captação e o tratamento de efluentes, especialmente no que se refere aos metais presentes, surge a técnica de adsorção. Trata-se de um método em que as moléculas presentes na fase líquida, quando em contato direto com a fase sólida, ficam retidas em sua superfície. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi à obtenção de uma cinza de casca de arroz para adsorção, promovendo a remoção de minerais alcalinos no tratamento de água. A cinza foi elaborada utilizando casca de arroz, que passou por tratamento ácido (sulfúrico, nítrico e clorídrico), em diferentes diluições volumétricas com água (1:1, 1:3 e 1:5) e posterior calcinação. As soluções foram preparadas para simulação do efluente líquido, eluídas na coluna contendo a cinza de casca de arroz (CCA) tratada e calcinada, na sequência foram coletas para serem quantificadas por meio do espectrofotômetro de absorção atômica, para avaliar o teor de minerais residuais em cada uma das cinzas obtidas. A melhor condição para retirada do manganês, foi o tratamento com ácido nítrico, em todas as razões volumétricas, especialmente na 1:1. Para o zinco foi com tratamento utilizando ácido sulfúrico especialmente na razão de 1:1 e para o ferro foi com tratamento usando ácido sulfúrico novamente na razão volumétrica de 1:1, os resultados foram em sua maioria satisfatórios e convenientes, confirmando a viabilização do desenvolvimento da CCA para adsorção dos metais.

PALAVRAS-CHAVE: Casca de arroz; Espectrofotômetro de absorção atômica; Metais; Adsorção.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente são gerados milhões de toneladas de resíduos advindos de atividades agroindustriais. Como o Brasil é considerado uma potência neste ramo, é um dos maiores produtores de resíduos agroindustriais do mundo. A problemática da destinação dos resíduos gerados, gira em torno do custo de descarte e no que diz respeito aos danos ambientais com a contínua disposição dos resíduos no meio ambiente. Obter saídas para aplicar esses resíduos, torna o processo produtivo sustentável, pois impede o impacto negativo ao meio ambiente e diminui o custo do tratamento deste resíduo para sua disposição. Nesse sentido, muitos estudos têm investigado a utilização da biomassa proveniente de culturas não comestíveis para sintetizar compostos extremamente úteis (CACURO; WALDMAN, 2015; LEE et al., 2014).

O arroz é uma cultura alimentar produzida em diversos países do mundo, com uma colheita anual de cerca de 700 milhões de toneladas. O processo de moagem de arroz gera uma grande quantidade de casca de arroz residual, o qual apresenta baixo valor nutricional elevado teor de cinzas (VARALA et al., 2019).

A casca de arroz é gerada como um dos coprodutos no processo de moagem de arroz, que constitui de 20 a 22 % do arroz. Em geral, a prática do manejo da casca de arroz inclui despejo direto no solo cobrindo uma grande área de aterro ou queima em massa, o que pode resultar em graves problemas de poluição ambiental, sendo necessário a conversão da casca de arroz em subprodutos de valor agregado (SHUKLA; SAHOO e REMYA, 2019; MOSABERPANAH e UMAR, 2019).

Recentemente, pesquisadores demonstraram meios para aplicar as cinzas de casca de arroz, como utilização na produção de carvão ativado, purificação de água e também como biofertilizante. Todavia, a superfície dura de sílica traz muitos problemas em relação ao uso eficiente da casca de arroz, já que, impede a decomposição de bactérias, diminui a densidade de energia e o valor da utilidade via conversão termoquímica ou bioquímica (SU et al., 2020; HUZIR et al., 2019).

Em contrapartida, devido aos principais componentes da casca de arroz (carbono e sílica) e outros grupos funcionais em sua superfície, como amidogênio e carboxil esta possui grande potencial para ser usada como adsorvente, sendo possível ainda otimizar o processo modificando a superfície da casca de arroz por meio da aplicação de ácidos orgânicos e minerais, aumentando assim a quantidade de grupos funcionais. Um adsorvente adequado deve ter várias características como

disponibilidade, tecnologia de baixo custo, não toxicidade, alta capacidade superficial, alta resistência à abrasão e estabilidade em diferentes condições ambientais propriedades de troca iônica (NAKBANPOTE; THIRAVETTYAN; KALAMBAHETF, 2000; SHAMSOLLAHI e PARTOVINIA, 2019; NATA et al., 2020).

A adsorção é um processo eficiente, de baixo custo, simplicidade de projeto, rapidez, facilidade de operação, entretanto, os materiais adsorventes são caros e possui a limitação de não poderem ser regenerados para aplicações em grande escala. Sendo assim, há uma necessidade crescente de utilizar materiais renováveis e de baixo custo para este fim (HAN et al., 2008; SHAMSOLLAHI e PARTOVINIA, 2019). Segundo Srivastava, Mall e Mishra (2006), técnicas como troca iônica ou adsorção têm sido amplamente utilizadas no processo para tratamento de águas residuais, onde as cinzas da casca de arroz são consideradas adsorventes alternativos.

A preservação da qualidade da água tem se tornado uma questão ambiental relevante considerando a diminuição dos recursos hídricos e aumento da população. As águas subterrâneas e superficiais contaminadas apresentam um sério risco para a saúde humana e o ecossistema em geral. O principal meio de contaminação da água ocorre devido à componentes tóxicos presentes nos efluentes das atividades industriais e agrícolas. Os metais pesados existem em águas residuais industriais, como mineração, pintura, refino de petróleo, fundição, baterias, papel, fertilizantes, pesticidas. Esses íons metálicos tóxicos como Cr, Ni, Co, Pb, Hg, As, Cd, Cu, Zn são substâncias não biodegradáveis e tendem a persistir na cadeia trófica e se acumular no organismo humano (SHAMSOLLAHI e PARTOVINIA, 2019; NATA et al., 2020).

Com intuito de acatar a legislação vigente, o tratamento de efluentes contendo, por exemplo, altos teores de sulfato normalmente engloba uma série de combinações de etapas de neutralização e precipitação com cal, osmose reversa, eletrodialise, adsorção. Entretanto, a maioria das técnicas empregadas para remoção de contaminantes da água possuem desvantagens como alto custo, menor flexibilidade, baixa eficiência na aplicação desejada e possibilidade de produção de poluentes secundários (INAP, 2003; SHAMSOLLAHI e PARTOVINIA, 2019).

Devido à importância de novas tecnologias para retirada de íons metálicos de águas de captação e efluentes, e ainda levando em consideração a utilização de um resíduo agroindustrial, que a médio e longo prazo iria gerar problemas ambientais impactando diretamente no equilíbrio do ecossistema, o objetivo primordial deste

trabalho é o desenvolvimento de uma cinza da casca de arroz, para retirar os íons metálicos presentes em efluentes líquidos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

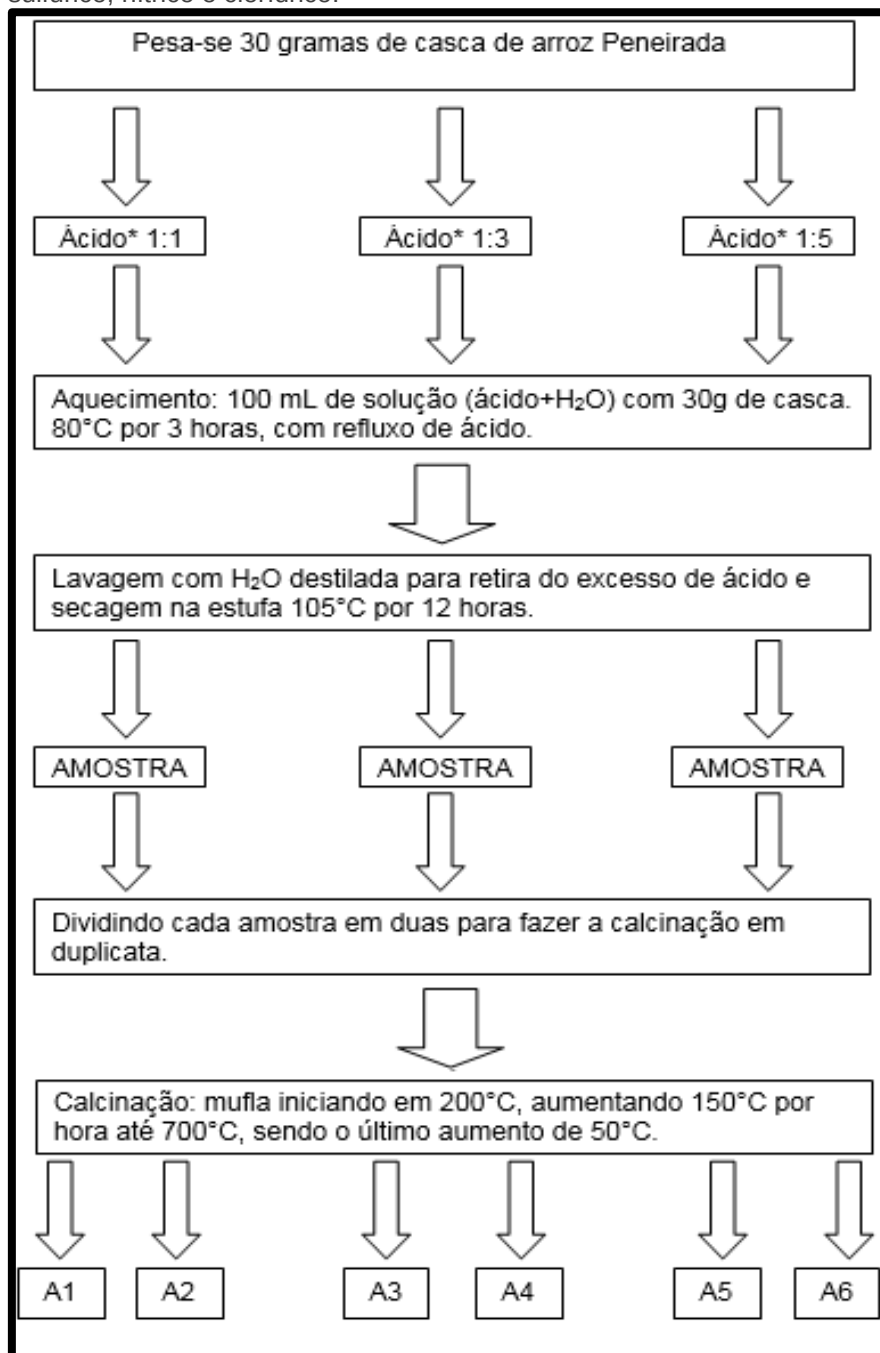
Para realização do procedimento experimental, foram utilizadas cascas de arroz obtidas por meio de doação pelo comércio local da cidade de Maringá-PR.

Antes de iniciar os métodos de tratamento da casca de arroz para produção da CCA (cinza da casca de arroz), parte da casca de arroz foi peneirada e parte foi utilizada não peneirada, como forma para avaliar alterações nos resultados. Para padronização das amostras peneiradas, foram utilizadas peneiras de 2mm e 1 mm, o material de interesse foram as cascas que ficaram retidas entre as peneiras mencionadas.

Em seguida, quantificou-se a umidade das amostras de casca de arroz, para verificar se estaria de acordo com a literatura, de modo a não interferir nos tratamentos e na calcinação. O teor de cinzas e a umidade foram calculados de acordo com métodos normatizados, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Posteriormente, as amostras foram tratadas com ácidos distintos (sulfúrico, nítrico e clorídrico) e em diferentes razões volumétricas. A Figura 1 apresenta o esquema representativo do tratamento das amostras, utilizando os 3 (três) ácidos e 3 (três) razões volumétricas para as cascas de arroz peneirada. O mesmo procedimento foi adotado para as cascas de arroz não peneiradas. Após o tratamento ácido, as amostras foram calcinadas. A metodologia foi baseada nos estudos realizados por Ali e seus colaboradores (2016), com modificações como descritas.

Figura 1: Esquema representativo dos tratamentos das amostras, os ácidos utilizados foram ácido sulfúrico, nítrico e clorídrico.



Fonte: Os autores.

O primeiro tratamento foi realizado utilizando ácido sulfúrico na razão volumétrica (ácido: água) de 1:1, 1:3 e 1:5, obtendo então respectivamente as amostras codificadas como S₁, S₂ e S₃ nas amostras não peneiradas e Sp₁, Sp₂ e Sp₃ para as peneiradas. Especificando a razão volumétrica utilizada: para a razão de 1:1, foi utilizada uma parte de ácido e uma parte de água igualmente, já na razão de 1:3, uma parte de ácido para três de água e por fim na 1:5, uma parte de ácido para cinco

de água. Deste modo, utilizou-se os mesmos procedimentos para o ácido nítrico e clorídrico. Na Tabela 1, é possível visualizar a codificação de todas as amostras tratadas.

Tabela 1: Identificação das amostras.

Amostra	Razão volumétrica	Tipo de Ácido	Peneirada
S ₁	1:1	Sulfúrico	Não
S ₂	1:3	Sulfúrico	Não
S ₃	1:5	Sulfúrico	Não
Sp ₁	1:1	Sulfúrico	Sim
Sp ₂	1:3	Sulfúrico	Sim
Sp ₃	1:5	Sulfúrico	Sim
N ₁	1:1	Nítrico	Não
N ₂	1:3	Nítrico	Não
N ₃	1:5	Nítrico	Não
Np ₁	1:1	Nítrico	Sim
Np ₂	1:3	Nítrico	Sim
Np ₃	1:5	Nítrico	Sim
C ₁	1:1	Clorídrico	Não
C ₂	1:3	Clorídrico	Não
C ₃	1:5	Clorídrico	Não
Cp ₁	1:1	Clorídrico	Sim
Cp ₂	1:3	Clorídrico	Sim
Cp ₃	1:5	Clorídrico	Sim

Fonte: Os autores.

Os tratamentos ocorreram da seguinte forma: em um balão volumétrico de fundo chato, foram adicionados 30 gramas da amostra de casca de arroz, adicionados de 100 mL de solução ácida preparada nas razões volumétrica citadas. O aquecimento das amostras se deu por intermédio de mantas aquecedoras mantidas a 80°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) por 3 horas com monitoramento constante da temperatura, o sistema foi mantido sob refluxo, para condensação dos vapores.

Posteriormente os resíduos foram lavados com água destilada para remoção do excesso de ácido, e levados à estufa a 105°C por 12 horas. Quanto às temperaturas de calcinação estipuladas, conforme Mguni, Meijboom e Jalama (2012), a temperatura de calcinação considerada satisfatória seria entre 500°C e 800°C por cerca de 2 horas, ou seja, um aumento de 150°C a cada 1h de processo, sendo assim,

realizou-se os ensaios de calcinação conforme o recomendado por Mguni, Meijboom e Jalama (2012).

A calcinação das amostras ocorreu em forno mufla iniciando em 200°C até atingir 700°C, à uma taxa de aquecimento de 150°C por hora. O gradiente de temperatura como já mencionado, foi conforme a literatura, porém com uma faixa maior (iniciado em 200°C) para uma maior eficiência. Além disso, após atingir 700°C, as amostras permaneceram na mufla por mais 2 horas, com intuito de garantir a completa conversão da matéria orgânica em cinzas.

Após a realização dos tratamentos mencionados, obtiveram-se as amostras S1, S2 e S3, Sp1, Sp2, Sp3, N1, N2, N3, Np1, Np2, Np3, C1, C2, C3, Cp1, Cp2 e Cp3, sendo 18 amostras, porém a calcinação foi realizada em duplicata, onde as amostras tratadas foram divididas e posteriormente calcinadas totalizando então 36 amostras.

Para avaliar a eficácia de adsorção da cinza produzida, foi necessário preparar um efluente sintético contendo os metais. A solução preparada foi composta de três metais: zinco, ferro e manganês, sendo estes sob as formas de Sulfato Ferroso (FeSO_4), Sulfato de Manganês (MnSO_4) e Cloreto de Zinco (ZnCl_2), a concentração de cada metal na solução foi de 10 mg.L^{-1} . A solução sintetizada, foi feita com intuito de simular um efluente ou uma água de captação a ser tratada, encontrado comumente nas indústrias, essa foi a razão da mistura dos metais. Por mais que, possa ocorrer concorrência entre os metais, caracterizando uma adsorção competitiva, este fato também ocorrerá nos tratamentos convencionais.

Após o preparo da solução, foi necessário montar a coluna de adsorção contendo a CCA, para então eluir a solução preparada. Para isso, utilizou-se uma coluna de vidro, com válvula para controle de fluxo. Uma pequena quantidade de algodão foi adicionada no fundo da coluna, com o objetivo de reter a cinza, em seguida pesou-se cerca de 2 g da CCA obtida após o tratamento, colocada com auxílio de um funil, por fim, mais uma pequena quantidade de algodão, deixando a CCA empacota na coluna de vidro, evitando a formação de caminhos preferenciais pelo solução sintetizada.

Com a coluna de adsorção devidamente montada para uso, 20 mL da solução sintetizada foi eluída com fluxo de 1 mL.min^{-1} na coluna, coletando a solução eluída em um frasco hermeticamente fechado e identificado, totalizando 36 amostras, que permaneceram na geladeira por 48 h até análise de quantificação em espectrofotômetro de absorção atômica (marca Analytik Jena e o modelo: novAA300),

permitindo assim determinar o teor de minerais restantes após serem adsorvidos pela CCA.

Para quantificação foi necessário desenvolver uma curva de calibração para os metais. Para obtenção da curva de calibração foram preparadas 7 soluções em concentrações distintas, sendo essas concentrações compreendidas entre 0,5 mg.L⁻¹ e 10 mg.L⁻¹, dos metais zinco, ferro e manganês.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar o teor de umidade das amostras, foram obtidos os seguintes resultados: para amostras peneiradas a umidade foi de 9,97 %, já para amostra não peneirada foi de 9,72 %.

Bazargan e seus colaboradores (2014), encontraram um valor de 7,90 % para o teor de umidade da casca de arroz. Já Muazu e Stegemann (2015), obtiveram um valor para teor de umidade de 12,00 % para casca de arroz. Sendo assim, a umidade encontrada, está dentro dos padrões quando comparada com a literatura.

Após o procedimento de obtenção da cinza tratada e da eluição da solução sintética na coluna de adsorção, a concentração dos metais contidos na solução recolhida após eluição na coluna, foi quantificada com auxílio do espectrofotômetro de absorção atômica, obteve-se os resultados apresentados nas tabelas para as concentrações dos metais que não ficaram retidos na CCA pelo processo de adsorção, ou seja, os metais que eluíram junto com a solução recolhida. Na Tabela 2 estão apresentados o teor de cinzas obtidos para as amostras e os resultados referentes à concentração de cada metal que restou na solução eluída pela coluna, onde o tratamento foi realizado com ácido sulfúrico.

Na Tabela 2, foi possível notar que a efetividade da cinza de casca de arroz, tratada com ácido sulfúrico, em relação a retenção dos metais, levando em consideração que para o manganês na razão de 1:3, por exemplo, a CCA reteve todo mineral, obtendo uma efetividade de 100 %. Para o zinco a CCA se apresentou também muito eficaz, com o tratamento utilizando ácido sulfúrico, onde após a eluição na coluna, restou em média apenas 1,67 mg.L⁻¹ de zinco na solução que inicialmente continha 10 mg.L⁻¹ do mineral. Para o Ferro, a resina se mostrou eficiente, porém numa proporção menor, a sílica foi capaz de retirar neste caso quase 80% dos íons ferro. A análise estatística realizada mostrou que para o zinco e para o manganês não

houve diferença significativa, já para o ferro houve diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 2: Teor de cinzas e concentrações médias após recolhimento da solução após eluição na coluna de adsorção para os minerais Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) após tratamento ácido com ácido sulfúrico.

Amostra	Teor de Cinzas (%)	Conc. média de Zn (mg.L ⁻¹)	Conc. média de Fe (mg.L ⁻¹)	Conc. média de Mn (mg.L ⁻¹)
Sp ₁	13,05	1,82±0,41 ^a	1,43±0,16 ^a	1,66±0,56 ^a
S ₁	15,12	1,19±0,41 ^a	1,90±0,11 ^b	2,45±1,87 ^a
Sp ₂	11,45	1,22±0,01 ^a	2,10±0,11 ^{b,c}	0 ^a
S ₂	10,72	1,81±0,01 ^a	2,35±0,09 ^{c,d}	0 ^a
Sp ₃	10,93	1,39±0,20 ^a	2,67±0,08 ^{d,e}	0,08±0,11 ^a
S ₃	11,87	2,59±1,53 ^a	3,08±0,02 ^e	1,17±1,65 ^a

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 95% de significância.

Fonte: Os autores.

A Tabela 3, apresenta os resultados de concentração média para cada metal que não ficou retido na CCA que passou por tratamento ácido utilizando ácido nítrico.

Tabela 3: Teor de cinzas e concentrações médias obtidas por meio da solução recolhida após eluição na coluna de adsorção para os minerais Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) após tratamento ácido com ácido nítrico.

Amostra	Teor de cinzas (%)	Conc. média de Zn (mg.L ⁻¹)	Conc. média de Fe (mg.L ⁻¹)	Conc. média de Mn (mg.L ⁻¹)
Np ₁	8,30	1,72±0,29 ^a	3,11±0,04 ^a	0 ^a
N ₁	9,76	2,71±1,32 ^a	3,59±0,02 ^{a,b}	0 ^a
Np ₂	10,61	1,17±0,05 ^a	4,05±0,35 ^{b,c}	0 ^a
N ₂	10,00	1,54±0,80 ^a	4,43±0,10 ^{c,d}	0,018±0,025 ^a
Np ₃	9,83	1,91±1,07 ^a	4,83±0,16 ^d	0,092±0,11 ^a
N ₃	10,95	2,06±1,55 ^a	5,05±0,15 ^d	0,091±0,075 ^a

Fonte: Os autores.

Na Tabela 3, pode-se constatar que foi extremamente satisfatória para retirada do manganês em todas as razões volumétricas, quase 100% de retenção. Para o zinco a sílica também foi promissora, retirando em média 8,15 mg.L⁻¹ dos 10 mg.L⁻¹ que continha na solução antes de passar pela coluna de adsorção, o equivalente a 80 % de retenção do zinco na coluna de adsorção. Para o Ferro, novamente não foi tão efetiva retirando aproximadamente 60 % do metal. Com relação à análise estatística

pode-se notar que para o zinco e para o manganês não houve diferença significativa, já para o ferro houve diferença significativa entre os tratamentos.

Por fim, a Tabela 4, traz resultados de concentração média dos metais obtidos na solução eluída da coluna contendo CCA, onde passou por tratamento utilizando ácido clorídrico.

Tabela 4: Teor de cinzas e valores obtidos por meio da solução recolhida após eluição na coluna de adsorção para os minerais Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) após tratamento ácido com ácido clorídrico.

Amostra	Teor das cinzas (%)	Conc. média de Zn (mg.L ⁻¹)	Conc. média de Fe (mg.L ⁻¹)	Conc. média de Mn (mg.L ⁻¹)
Cp ₁	10,86	2,30±0,10 ^a	5,41±0,11 ^a	0,10±0,13 ^a
C ₁	11,61	1,64±0,50 ^a	5,82±0,09 ^{a,b}	0,01±0,02 ^{a,b}
Cp ₂	12,13	2,06±0,55 ^a	6,31±0,27 ^{b,c}	0,16±0,18 ^{a,b}
C ₂	12,15	1,26±0,54 ^a	6,70±0,07 ^{c,d}	0,22±0,11 ^{a,b}
Cp ₃	12,74	1,21±0,44 ^a	7,05±0,15 ^{d,e}	0,50±0,03 ^{a,b}
C ₃	11,78	2,53±1,59 ^a	7,34±0,10 ^e	0,43±0,10 ^b

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 95% de significância.

Fonte: Os autores.

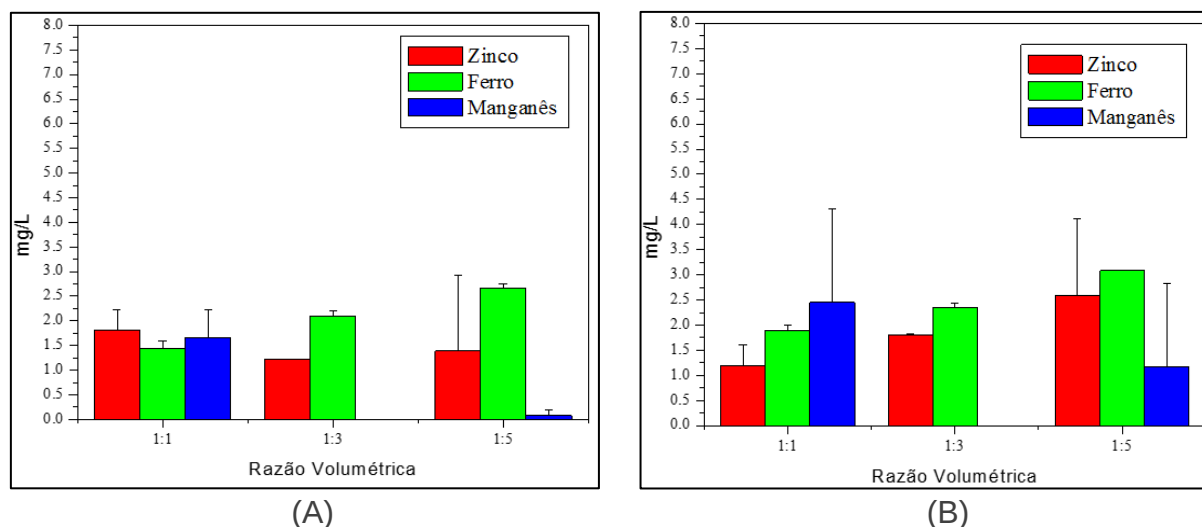
Novamente a CCA foi extremamente eficaz para retirada do manganês, sendo adsorvida quase 100% do metal em sua superfície, com melhor percentual de remoção na razão volumétrica de 1:1. Para o zinco foi muito eficiente, retirando 80 % do zinco na solução eluída. Para o ferro, a CCA tratada com ácido clorídrico não se mostrou efetivo em comparação aos demais tratamentos realizados com ácido sulfúrico e ácido nítrico, retirando apenas 35% do metal. Com a análise estatística foi possível observar que para o metal zinco não houve diferença significativa para os tratamentos em estudo, para o manganês e o ferro, houve diferença significativa entre os tratamentos.

Pode-se notar que o teor de cinzas ficou próximo para todos os ensaios realizados conforme o esperado, as pequenas diferenças podem ser explicadas na perda de massa durante a calcinação.

Muazu e Stegemann (2015) encontraram um teor de cinza de 20 %. PAULA et al (2011), por sua vez, encontrou valores de teor de cinzas próximos 16,46 %, ambos os resultados estão próximos dos valores obtidos neste estudo, concordando com a literatura.

A partir das tabelas, foi possível construir gráficos de barra, para melhor demonstrar os resultados. Na Figura 2, pode-se observar o quanto não ficou adsorvido de cada metal na cinza de casca de arroz, sendo a casca peneirada (a) e não peneirada (b), ambas tratadas com ácido sulfúrico.

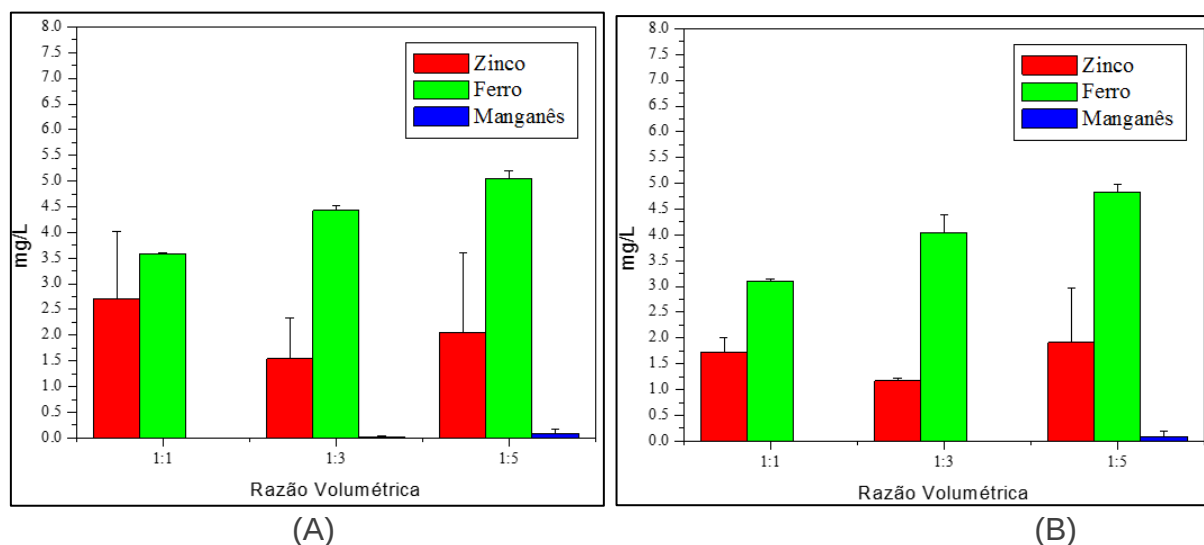
Figura 2: Concentrações obtidas por meio da solução recolhida após eluir pela coluna de adsorção para os minerais Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) tratado com ácido sulfúrico nas amostras de casca de arroz (a) peneirada e (b) não peneirada.



Fonte: Os autores.

A Figura 3, demonstra a concentração dos metais não adsorvidos na CCA, obtida através da amostra peneirada (a) e não peneirada (b), ambas tratadas com ácido nítrico.

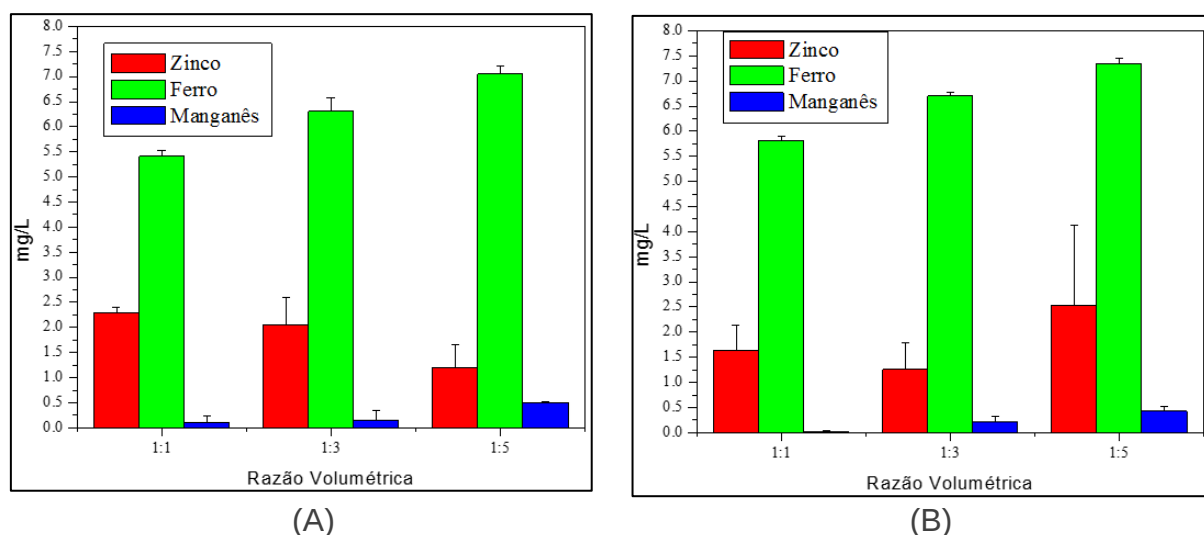
Figura 3: Concentrações obtidas por meio da solução recolhida após eluir pela coluna de adsorção para os minerais Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) tratado com ácido nítrico nas amostras de casca de arroz (a) peneirada e (b) não peneirada.



Fonte: Os autores.

A Figura 4, demonstra o teor de metais não adsorvidos na cinza de casca de arroz, obtida por meio da amostra peneirada (a) e não peneirada (b), tratadas com ácido clorídrico.

Figura 4: Concentrações obtidas por meio da solução recolhida após eluir pela coluna de adsorção para os minerais Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) tratado com ácido clorídrico nas amostras de casca de arroz (a) peneirada (b) não peneirada.



Fonte: Os autores.

A superioridade das CCA obtidas por meio das amostras peneiradas foi evidente, praticamente em sua totalidade, as cinzas produzidas com amostras peneiradas adsorveram mais os metais em sua superfície do que as produzidas com amostras sem peneiramento, o que intensifica a importância da padronização das amostras com tamanho de partícula menor. Ferreira, Gobo e Cunha (2008), após realização de análises granulométrica utilizando peneiras de 0,42; 0,59; 1,19; 2,00 e 4,76 mm de abertura e observou que 89 % dos grãos da casca ficaram retidos na peneira de 2 mm. Sendo assim, levando em consideração que o material utilizado neste foi o que ficou retido entre peneiras de 1 mm e 2 mm, a granulometria utilizada favoreceu os resultados obtidos.

Além disso, após observar as figuras, pode-se constatar que as CCA produzidas com tratamento de ácido sulfúrico obtiveram melhor desempenho em relação aos demais ácidos. Esse resultado difere um pouco da literatura, pois, segundo Liou, Chang e Lo (1997), o ácido clorídrico promove uma maior remoção de metais. Eles investigaram a cinética de pirólise e os efeitos do tratamento das cascas de arroz com diferentes ácidos. Foram avaliados o ácido clorídrico (HCl), ácido sulfúrico (H₂SO₄) e ácido fosfórico (H₃PO₄). Essa divergência de resultados pode ser em decorrência do tratamento de obtenção da cinza, os autores utilizaram a pirólise, já na produção da cinza deste trabalho foi utilizada a calcinação.

Nota-se também que a adsorção do ferro não foi tão efetiva, esse fato discorda da literatura, pois El-Helece (2012), desenvolveu uma sílica, misturando a sílica obtida das cinzas da palha de arroz, com hidróxido de cálcio, esta foi utilizada para o tratamento de águas residuais e subterrâneas com intuito de remover Mn²⁺ e Fe³⁺, a quantificação também foi realizada por meio do espectrofotômetro de absorção atômica. As concentrações permitidas de ferro e manganês são 200 e 50 µg.L⁻¹, respectivamente, de acordo com a HRGL (*"Health Related Guide Level"*). Neste caso, a remoção de íons Fe³⁺ foi muito eficiente, quase 99,8 % foram removidos. Isso se deve ao fato especialmente da adsorção competitiva entre os íons de Ferro e Manganês, onde estes metais competiam pelo mesmo sítio ativo, sendo assim o manganês adsorveu quase 100 %, enquanto que, o Ferro na pior hipótese adsorveu 35 % de uma solução com concentração inicial de 10 mg.L⁻¹ (ou seja, uma solução com 10 µg.L⁻¹).

Tonucci (2014) desenvolveu suas análises em torno da competição adsorptiva, e observou que algumas espécies competem pelos mesmos sítios ativos, em alguns

casos a competição gera inibição total de um componente em relação ao outro e em outros casos, essa inibição é parcial. Observou ainda que, a competição acaba por diminuir a capacidade de retenção do adsorvente. Neste caso, ocorreu uma inibição parcial, onde o manganês foi adsorvido quase totalmente e inibiu parcialmente a retenção de ferro. Todavia, apesar da ocorrência dessa competição, a resina de adsorção desenvolvida foi considerada efetiva para o objetivo a qual esta foi projetada.

Com base nos resultados encontrados neste estudo, pode-se dizer que a casca de arroz é uma alternativa promissora para a adsorção objetivando retirada de íons metálicos. Tarley e Arruda (2004), afirmam que a casca de arroz apresenta um perfil morfológico adequado para retenção de metais, e que possuem compostos como celulose, hemi-celulose, lignina e sílica, os quais contam com sítios de ligação capazes para reter metais, sendo considerado um adsorvente natural de baixo custo.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, constatou-se que a cinza de casca de arroz desenvolvida para adsorção, se mostrou promissora para retirada de metais (manganês, zinco e ferro) contidos na solução sintetizada em laboratório, especialmente para o manganês, onde, a CCA foi capaz de adsorver na maioria das amostras testadas quase toda concentração do metal. A melhor condição de processo para retirada do manganês foi na CCA cujo tratamento ácido foi realizado com ácido nítrico, em todas as razões volumétricas especialmente na 1:1. Para o zinco a resina também se mostrou eficiente, porém em menor proporção quando comparada com a adsorção do manganês, a condição mais favorável para remoção do zinco, entre os ensaios realizados foi, a que a CCA obtida após tratamento com ácido sulfúrico especialmente na razão de 1:1. Apenas para o ferro que a eficiência da CCA não foi tão positiva, a condição mais adequada para remoção do ferro foi com a resina obtida por tratamento com ácido sulfúrico na razão volumétrica de 1:1. Além disso, a produção da CCA é extremamente viável, levando em consideração o bom rendimento, a utilização de um resíduo agroindustrial que causaria grandes transtornos para descarte correto e graves problemas ambientais caso ocorresse um descarte indevido. Outrossim, adquire-se um produto de baixo custo de produção, alta eficiência bem como alto valor agregado e ainda considerado sustentável.

Perante os fatores expostos, é notável a extrema necessidade de obter meios eficientes para retirada de metais dos efluentes e de águas de captação, levando em

consideração que a maioria das técnicas existentes não são economicamente viáveis ou não atuam de forma eficiente na retirada dos metais. A cinza da casca de arroz para adsorção desenvolvida no presente trabalho pode ser considerada um meio alternativo às técnicas empregadas, tendo em vista que trata-se de uma técnica de baixo custo e eficiente, podendo ser utilizada em escala industrial de forma a minimizar os graves problemas enfrentados pelos mais diversos setores na indústria.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Araucária através do convênio 043/2015 pelo aporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALI, MUHAMMAD; HAQ, EHSAN UL; KARIM, MUHAMMAD R. ABDUL; AHMED, SAJJAD; IBRAHIM, ATHER; AHMAD, WAHEED; BAIG, WAQAS. Effect of leaching with 5–6 N H₂SO₄ on thermal kinetics of rice husk during pure silica recovery. **Journal of Advanced Research**. v.7, 47–51, 2016.
- BAZARGAN, A.; GEBREEGZIABHERA, T.; HUIA, C.; MCKYA, G. The effect of alkali treatment on rice husk moisture content and drying kinetics. **Biomass and bioenergy**, v. 70, 468-475, 2014.
- CACURO, T. A.; WALDMAN, W. R. Cinzas da Queima de Biomassa: Aplicações e Potencialidades. **Revista Virtual Química**, v. 7, n. 6, 2154-2165, 2015.
- EL-HELECE, W. A. Removal of Mn⁺² and Fe⁺³ Ions from Waste Water and Underground Water Using Calcium Silicate (CS), **Global Journals**, v. 12, n. 1, 2012.
- FERREIRA, R. C.; GOBO, J. C. C.; CUNHA, A. H. N. Incorporação de casca de arroz e de braquiária e seus efeitos nas propriedades físicas e mecânicas de tijolos de solo-cimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n.1, 1-11, 2008.
- HAN, R.; HAN, P.; CAI, Z.; ZHAO, Z.; TANG, M. Kinetics and isotherms of Neutral Red adsorption on peanut husk. **Journal of Environmental Sciences**, v. 20, n. 9, 1035–1041, 2008.
- HUZIR, N. M.; AZIZ, M. M. A.; ISMAIL, S. B.; MAHMOOD, N. A. N.; UMOR, N. A.; MUHAMMAD, S. A. F. S. Optimization of coagulation-flocculation process for the palm oil mill effluent treatment by using rice husk ash. **Industrial Crops and Products**, v. 139, 2019.
- INAP - International Network for Acid Prevention: Treatment of sulphate in mine effluents - Lorax Environmental. Outubro, 2003. Disponível em: <http://www.inap.com.au/public_downloads/Research_Projects/Treatment_of_Sulphate_in_Mine_Effluents_-_Lorax_Report.pdf>. Acesso em: 03 out. 2016.
- LEE, A. F.; BENNETT, J. A.; MANAYIL, J. C.; WILSON, K. Heterogeneous catalysis for sustainable biodiesel production via esterification and transesterification. **Chemical Society Reviews**, v. 43, n. 22, 7887-7916, 2014.
- LIU T-H.; CHANG, F-W.; LO, J-J. Pyrolysis kinetics of acid – leached rice rusk. **Industrial Engineering Chemistry Research**, v. 36, n. 3, 568-573, 1997.
- MGUNI, L. L.; MEIJBOOM, R.; JALAMA, K. Effect of Calcination Temperature and MgO Crystallite Size on MgO/TiO₂Catalyst System for Soybean Transesterification of gold by rice husk ash. **Engineering and Technology**, n. 64, 889, 2012.
- MOSABERPANA, M. A.; UMAR, S. A. Using rice husk ash as supplement to cementitious materials on performance of ultrahigh-performance concrete: a review. **Materials Today Sustainability**, 2019.
- MUAZU, R. I.; STEGEMANN, J. A. Effects of operating variables on durability of fuel briquettes from rice husks and corn cobs. **Fuel Processing Technology**, v. 133, 137-145, 2015.
- NAKBANPOTE, W.; THIRAVETYAN, P.; KALAMBAHET, C. Preconcentration of gold by rice husk ash. **Minerals Engineering**, v. 13, n. 4, 391-400, 2000.

NATA, I. F.; WICAKSO, D. R.; MIRWAN, A.; IRAWAN, C.; RAMADHANI, D.; URSULLA. Selective adsorption of Pb(II) ion on amine-rich functionalized rice husk magnetic nanoparticle biocomposites in aqueous solution. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 8, n. 5, 2020.

PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. **Cerne**, v. 17, n. 2, 237-246, 2011.

SHAMSOLLAHI, Z.; PARTOVINIA, A. Recent advances on pollutants removal by rice husk as a bio-based adsorbent: A critical review. **Journal of Environmental Management**, v. 246, p. 314-323, 2019.

SHUKLA, N.; SAHOO, D.; REMYA, N. Biochar from microwave pyrolysis of rice husk for tertiary wastewater treatment and soil nourishment. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 1073-1079, 2019.

SRIVASTAVA, V. C.; MALL, I. D.; MISHRA, I. M. Characterization of mesoporous rice husk ash (RHA) and adsorption kinetics of metal ions from aqueous solution onto RHA. **Journal of Hazardous Materials**, v. 134, n. 1-3, 257-267, 2006.

SU, Y.; LIU, L.; ZHANG, S.; XU, D.; DU, H.; CHENG, Y.; WANG, Z.; XIONG, Y. A green route for pyrolysis poly-generation of typical high ash biomass, rice husk: Effects on simultaneous production of carbonic oxide-rich syngas, phenol-abundant bio-oil, high-adsorption porous carbon and amorphous silicon dioxide. **Bioresource Technology**, v. 295, 2020.

TARLEY, C. R. T.; ARRUDA, M. A. Z. Biosorption of heavy metals using rice milling by-products. Characterisation and application for removal of metals from aqueous effluents. **Chemosphere**, v. 54, n. 7, 987-995, 2004.

TONUCCI, M. C. **Adsorção de diclofenaco, estradiol e sulfametoxazol em carvões ativados e nanotubos de carbono: estudos cinéticos e termodinâmicos**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, 2014.

VARALA, S.; RAVISANKAR, AL-ALI, M.; POWNCEBY, M. I.; PARTHASARATHY, R.; BHARGAVA, S. K. Process optimization using response surface methodology for the removal of thorium from aqueous solutions using rice-husk. **Chemosphere**, v. 237, 2019.

CAPÍTULO 21

MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM MELOEIRO “GOLDEX” FERTIRRIGADO.

Saul Ramos de Oliveira

Doutorando em Ciências do Solo pela Universidade Federal da Paraíba. Engenheiro Agrônomo, Mestre em Horticultura tropical pela Universidade Federal de Campina Grande.

E-mail: saul.oliveira.ramos@hotmail.com

Josinaldo Lopes Araújo

Professor Dr. do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar pela Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

E-mail: jhosinal_araujo@yahoo.com.br

Flávio Sarmento de Oliveira

Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

E-mail: sarmentodeoliveira@yahoo.com

Reynaldo Teodoro de Fátima

Mestrando em Agronomia, UFPB. Engenheiro Agrônomo.

E-mail: reynaldo.t16@gmail.com

Romário Oliveira de Andrade

Doutor em Engenharia de Processos. Pós- doutorando em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri Instituto de Ciência e Tecnologia, Campus JK Diamantina/MG.

E-mail: romarioandradeufpb@gmail.com

Caio Franklin Vieira de Figueiredo

Mestrando em Desenvolvimento de Processos Ambientais- PPGDA/UNICAP. Engenheiro Ambiental.

E-mail: caiovieirafigueiredo@gmail.com

Glaucio de Meneses Sousa

Mestrando em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande- UFCG. Engenheiro Ambiental.

E-mail: glauciopsl@hotmail.com

Raiff Ramos Almeida Nascimento

Graduando em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba- UFPB

E-mail: raifframosufpb@gmail.com

RESUMO: No presente trabalho objetivou-se determinar a marcha de acumulação de macro e de micronutrientes cultivado sob fertirrigação. O experimento foi realizado em área pertencente à Empresa Ecofértil Agropecuária LTDA localizada no município de Aracati (CE). O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados

com 9 tratamentos, correspondentes a 9 períodos de avaliação 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70 dias após transplântio com quatro repetições. Em intervalos de sete em sete dias, as plantas foram coletadas e separadas em folha, caule, fruto e semente para fins da determinação de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Zn e Cu, para a quantificação dos totais acumulados destes nutrientes. Na ocasião da coleta de planta, uma amostra de solo foi coletada em cada parcela para a determinação dos nutrientes. De acordo com os resultados, o acúmulo de massa seca nas partes reprodutivas foi maior que nas partes vegetativas, sendo os frutos os órgãos de maior acúmulo de massa seca. Já a marcha de acúmulo de nutrientes seguiu a seguinte ordem: K>Ca>N>Mg>P>S>Fe>Cu>B>Zn>Mn.

PALAVRAS-CHAVE: Cucumis melo L., nutrição mineral, melão amarelo, acúmulo de massa seca.

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the progression of macro and micronutrients accumulation of the melon cultivated under fertirrigation. The experiment was carried out in an area belonging to the Company Ecofétil Agropecuária Ltda located in the city of Aracati (CE). The experiment was carried out in a randomized block design with 9 treatments, corresponding to 9 evaluation periods 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70 days after transplanting (DAT) with four replications. The useful part for the purpose of collection was constituted of 8 plants becoming the four centers of each row. At intervals of seven days, the plants were collected and separated into leaf, stem, fruit and seed for the determination of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Zn and Cu, for The quantification of accumulated totals of these nutrients. At the time of plant collection, a soil sample was collected in each plot to determine the nutrients. According to the results, the accumulation of dry mass in the reproductive parts was higher than in the vegetative parts, the fruits being the organs with the highest accumulation of dry mass. However, the nutrient accumulation progressed in the following order: K> Ca> N> Mg> P> S> Fe> Cu> B> Zn> Mn.

KEYWORDS: Cucumis melo L., mineral nutrition, yellow melon, dry mass accumulation

1. INTRODUÇÃO

O melão é uma das principais hortaliças de fruto produzidas no Nordeste brasileiro, entre os estados produtores da região, o estado do Rio Grande do Norte concentra cerca de 52% da produção nacional, com destaque para o polo Açu/Mossoró com plantações destinadas para o mercado interno e externo (IBGE, 2014). O meloeiro é uma planta bastante exigente em nutrientes, sendo indispensável à prática de uma adubação correta que disponibilize quantidades exatas de nutrientes em todo seu ciclo. Essa exigência se dar devido seu ciclo ser curto e por ter um sistema radicular superficial e pouco desenvolvido, o que a impede de buscar nutrientes em grandes profundidades (Sousa et al. 2011).

Os boletins oficiais de recomendação de adubação (Universidade Federal do Ceará 1993, Rajj et al. 1996, Comissão 2004, Cavalcanti 2008), contemplam doses de nutrientes baseadas na produtividade esperada para o tipo de exploração. Contudo, estas recomendações são de caráter generalizado e correspondendo apenas como um indicativo da adubação, precisando ser ajustado a cada caso, o que depende da experiência de quem está planejando a adubação e de aspectos referentes à economicidade da exploração agrícola (Fancelli & Dourado Neto 2000). Assim, doses recomendadas dos nutrientes devem variar continuamente com a produtividade esperada, com o teor e com a capacidade tampão do nutriente no solo (Oliveira 2002).

Um dos desafios para o aproveitamento das vantagens oferecidas pela fertirrigação é conhecer as quantidades totais extraídas e a época de maior demanda dos nutrientes pela cultura. Estas informações podem ser obtidas através do estudo da marcha de acumulação de nutrientes, em função dos estádios fenológicos da cultura, pois a capacidade de acumulação e, ou extração de nutrientes depende da produtividade obtida e da acumulação de nutrientes nos frutos e outras partes da planta (Marschner 2012). A extração de nutrientes pelo meloeiro foi pesquisada por Gurgel et al. (2010), Damasceno et al. (2012) e Melo et al. (2013).

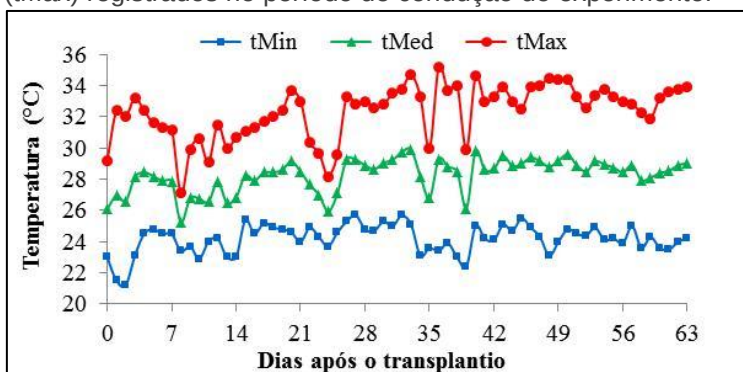
Os nutrientes mais exigidos pelo melão são o N, K e Ca, que, dependendo da variedade, podem ocupar diferentes posições entre si em termos quantidades extraídas pela cultura. Gurgel et al. (2010) realizaram trabalho semelhante com a variedade Goldex e observaram extrações de 134 kg de N, 25 kg de P, 130 kg de K, 150 kg de Ca 8 kg de Mg. As extrações dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn, encontradas neste mesmo trabalho, em g/ha foram de 459, 713, 765 e 137,

respectivamente. Melo et al. (2013) por meio de estudo de marcha de absorção de nutrientes no meloeiro rendilhado 'Fantasy' observaram que a cultura extraiu em um hectare 117 kg de N, 18 kg de P, 58 kg de K, 115 kg de Ca, 13 kg de Mg e 12 kg de S. Diante disso, objetivou-se com este trabalho determinar a extração de macro e de micronutrientes pelas partes vegetativas e reprodutivas do melão amarelo 'Goldex'.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

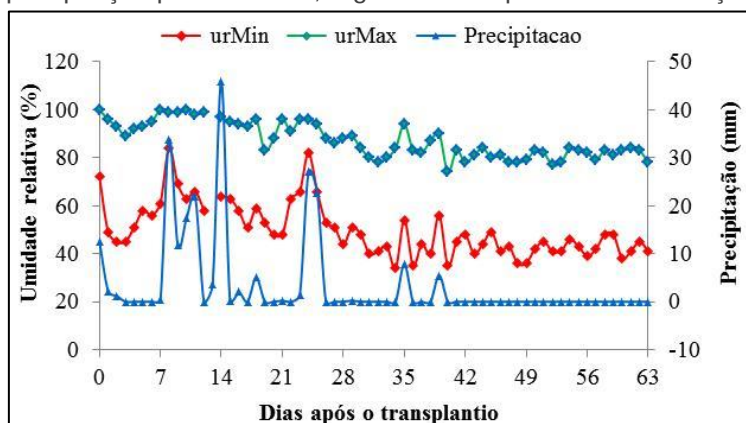
O experimento foi realizado no período de 30 de novembro de 2015 a 01 de fevereiro de 2016, em área pertencente à Empresa Ecofertil Agropecuária LTDA, município de Aracati (CE). A área experimental acha-se a 4°51'3" de Latitude Sul e 37°27'15" de Longitude Oeste, com altitude de 46 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo BSh, ou seja, clima semiárido quente com estação seca de verão, apresentando uma precipitação média anual de 985,76 mm. O solo da área é classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (Embrapa, 2006). Os dados climáticos foram coletados durante todo o período experimental, conforme figuras 1 e 2.

Figura 1: Valores de temperatura mínima (tMin), temperatura média (tMed) e temperatura máxima (tMax) registrados no período de condução do experimento.



Fonte: <<http://www.agritempo.gov.br>>.

Figura 2: Valores de umidade relativa mínima (urMin), umidade relativa máxima (urMax) e precipitação pluviométrica, registrados no período de condução do experimento.



Fonte: <<http://www.agritempo.gov.br>>.

Nesta área, antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras do solo na camada de 0 - 20 cm para a sua caracterização. Após secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2,0 mm, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solo do CCTA/UFCG para sua caracterização química e física. Foram determinadas o pH em água. Os teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , $\text{H} + \text{Al}$, Na^+ , K^+ trocáveis e P disponíveis, matéria orgânica e os teores dos micronutrientes Cu, Mn, Fe e Zn, de acordo com metodologia proposta pela Embrapa (1997).

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados com 9 tratamentos, correspondentes a 9 períodos de avaliação (14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70 dias após transplante -DAT) com quatro repetições. A parcela útil para fins de coleta foi constituída de 8 plantas tornando-se as quatro centrais de cada fileira. Em intervalos de sete em sete dias iniciando-se aos quatorze dias após o transplante, durante setenta dias quando se encerra o ciclo da cultura. As plantas foram coletadas e separadas em folha, caule, fruto e semente para fins da determinação de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Zn e Cu, para a quantificação dos totais acumulados destes nutrientes. Cada bloco (repetição) foi constituído por uma área de 2,0 m x 27 m onde foram alocadas nove parcelas experimentais constituídas por uma área de 2,0 x 3,0 m, contendo vinte plantas, sendo dez por fileira. Iniciando-se aos quatorze dias após o transplante, durante setenta dias quando se encerra o ciclo da cultura.

Após uma gradagem com grade aradora, foram levantados os canteiros e posteriormente inserido o mulching, seguido do transplante das mudas de melão

amarelo obtidas em bandejas de poliestireno expandido (Isopor®). Os controles de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizados com produtos sintéticos já utilizados rotineiramente pela Empresa Ecofertil Agropecuária LTDA, para a cultivar a ser testada.

As plantas foram nutridas via fertirrigação, com sistema de gotejamento, seguindo-se um cronograma de parcelamento da adubação com macro e micronutrientes pré-estabelecido a cultivar a ser testada, pela Empresa, de maneira que no final do ciclo da cultura serão fornecidos a cultura por hectare, os seguintes adubos e as respectivas quantidades: 187 kg de ureia, 132 kg de sulfato de amônio, 219 kg de MAP, 118 kg de nitrato de potássio, 52 kg de nitrato de cálcio, 22 kg de sulfato de magnésio e 68 kg de ácido fosfórico. O manejo da irrigação na área foi realizado com base na estimativa da evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) conforme método proposto pela FAO (Allen et al. 2006).

Em cada período de avaliação foi coletada a parte aérea e raízes das plantas da parcela útil. Os materiais foram separados em caule e folhas na fase vegetativa e em caule, folhas e frutos na fase de produção. As partes individualizadas foram lavadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 – 70C° até peso constante para a obtenção da matéria seca produzida por cada parte. Posteriormente o material foi moído em moinho tipo Willey para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, no extrato da digestão nítrico-perclórica destes tecidos, conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

As quantidades acumuladas de cada nutriente, em cada período de avaliação foram obtidas pela fórmula: $M = (C \cdot T_c + FI \cdot T_f + Fr \cdot T_{fr} + S \cdot T_s) \cdot 0,01666667$, Onde: M = quantidade de macro (em kg/ha) ou micronutriente (em g/ha) acumulada; C = massa seca de caule (g/planta); FI = massa seca de folhas (g/planta); Fr = massa seca de frutos (g/planta); S = massa seca de sementes (g/planta); T_c, T_f, T_{fr} e T_s: teor de macro (em g/kg) ou de micronutrientes (em mg/kg) na matéria seca do caule, de folhas, de frutos e de sementes, respectivamente.

O ajuste para o acúmulo dos nutrientes, em cada parte da planta, em função do tempo foi realizado por meio de modelos de regressão, utilizando-se o modelo Gaussian com três parâmetros, descrito a partir da seguinte equação genérica: $\{-0,5 [(x-x_0)/b]^2\}$, $\hat{y} = a$ e, em que: $\hat{y}$ = estimativa do acúmulo de nutrientes em kg/ha; a = corresponde ao valor de máximo acúmulo; X₀ = corresponde ao valor de X, em DAE, que proporciona o máximo em ; e b = corresponde à amplitude no valor de x, em DAE,

entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo. Assim, a partir do modelo ajustado foi possível determinar, com exatidão, o valor do ponto de inflexão (PI) na curva da seguinte forma: $PI = X_0 - b$.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A máxima produção de massa seca (4,498 t/ha) ocorreu aos 62 dias após o transplanto (Tabela 2).

Tabela 1: Estimativas dos parâmetros dos modelos ajustados para produção de massa seca em função do tempo e os respectivos valores do ponto de inflexão (PI).

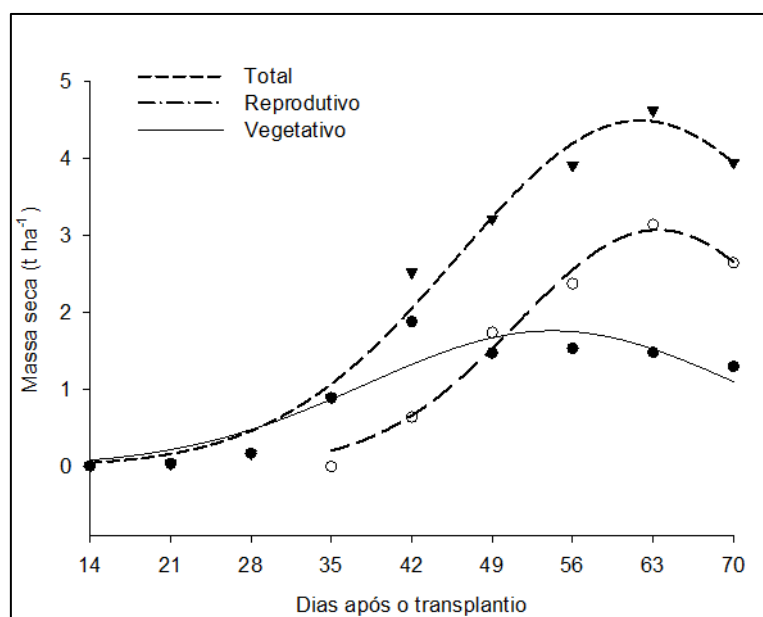
Parte da Planta	Estimativa dos parâmetros				
	a	X_0	b	PI ($X_0 - b$)	R^2
Vegetativa	1,7632**	54,2629**	16,2495**	38	0,8652
Reprodutiva	3,0752**	63,4118**	12,2124*	51	0,9833
Total	4,4984**	61,8856*	15,8709*	43	0,9839

a: corresponde ao valor de máximo acúmulo em kg/ha; X_0 : corresponde ao valor de x, em DAT, que proporciona o máximo em y; b: corresponde à amplitude no valor de x, em DAT, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo. **, * e ns: significativo, a 1%, 5 % e não significativo, respectivamente, pelo teste t.

Fonte: Os autores.

A massa seca de frutos correspondeu à cerca de 68% da produção de massa seca total da cultura (Figura 3). Ressalta-se que diferenças na produção de massa seca total, não depende apenas da variedade de melão, mas também de diversos fatores como os atributos químicos e físicos do solo.

Figura 3: Acúmulo de massa seca em meloeiro amarelo 'Goldex' cultivado sob fertirrigação no município de Aracati-CE.



Fonte: Os autores.

O acúmulo de massa seca vegetativa teve início significativamente aos 14 DAT e atingiu o seu máximo (1,76 t ha⁻¹) aos 54 DAT, quando decresceu até o final do ciclo (Figura 3). Nas partes reprodutivas o acúmulo de massa seca só inicia aos 35 DAT e teve seu máximo acumulado aos 63 DAT que correspondeu a 3,07 t ha⁻¹. Esse comportamento também foi observado por Oliveira et al. (2016) na cultura do meloeiro em condições semiáridas, foi observado que, aos 35 DAT ocorreu aumento progressivo da proporção da parte reprodutiva.

Contando-se dos 14 DAT, quando se iniciou a fertirrigação da cultura, houve tendência de decréscimo nos teores foliares N, P e K (Tabela 3). Este fato é explicado pela mobilidade desses nutrientes no floema, pois nutrientes móveis como N, P, K e Mg foram redistribuídos com maior facilidade dos órgãos vegetativos para os órgãos reprodutivos (flores e frutos), este fato é mais evidente a partir dos 35 DAT, quando se inicia de forma mais consistente a formação de frutos.

Tabela 2: Teores de macro e de micronutrientes nas folhas do meloeiro amarelo ao longo dos períodos de avaliação

Idade (dias)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g/kg-----						-----mg/kg-----				
7	23,17	6,20	34,83	60,17	12,67	4,83	105,33	54,33	335,67	37,00	34,33
14	52,58	8,68	42,38	50,13	12,25	4,85	92,00	21,50	234,75	30,75	35,75
21	40,33	9,69	46,75	64,00	15,63	5,05	73,75	22,00	308,50	46,75	29,00
28	39,30	8,23	47,75	60,38	16,38	4,68	62,00	13,25	320,00	38,25	39,50
35	27,40	6,90	43,38	52,63	16,50	4,35	68,00	14,25	220,75	32,50	75,25
42	26,48	6,36	30,75	58,75	15,25	3,80	52,75	39,50	220,75	35,00	50,50
49	23,70	5,13	21,63	90,50	15,75	4,60	55,50	406,25	344,75	37,50	40,50
56	22,18	4,52	25,75	82,50	15,25	5,15	45,50	530,25	342,75	31,25	39,25
63	13,55	4,50	16,13	79,75	14,38	5,38	70,50	635,00	470,00	42,25	41,25
Referência	25 - 50	3 - 7	25 - 40	25 - 50	5 - 12	2 - 3	30 - 80	10-15	50-300	50-250	20-100

Fonte: Os autores.

Para o Mg, embora se esperasse o mesmo comportamento, seus teores variaram pouco ao longo do ciclo da cultura. A exceção do B, para os demais nutrientes, apesar de não apresentarem uma tendência definida ao longo do desenvolvimento da planta, obtiveram-se maiores teores no final do ciclo. Os nutrientes tidos como imóveis (Ca e B) e pouco móveis (S, Fe, Mn, B e Cu), geralmente tendem a se concentrar nas folhas com o aumento na idade da planta.

Observa-se que para o cobre houve um aumento expressivo nos teores foliares a partir dos 49 DAT, o que sugere que, provavelmente, deva ter sido aplicado tal nutriente via foliar neste período. Considerando os teores obtidos aos 35 DAT, período correspondente ao início da frutificação e correspondente à época adequada para diagnose foliar, verificou-se que, para todos os nutrientes avaliados, os teores se encontram dentro da faixa considerada adequada para a cultura.

Os acúmulos de macro e micronutrientes apresentaram bom ajuste ao modelo testado em função dos dias após o transplante, com exceção do ferro nas partes vegetativas, que não apresentou ajuste. O potássio foi o nutriente mais extraído, enquanto o zinco o menos acumulado na planta (Tabela 3).

Tabela 3: Estimativas dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de cálcio, magnésio e enxofre em função do tempo e os respectivos valores do ponto de inflexão (PI).

Parte da Planta	Estimativa dos parâmetros				
	a	X ₀	b	PI (X ₀ -b)	R ²
Nitrogênio					
Vegetativa	42,7014**	49,3867**	14,1806**	35	0,9987
Reprodutivo	90,0940**	59,4283**	8,3286**	51	0,8678
Total	113,7701**	57,3532**	12,3422**	45	0,9670
Fósforo					
Vegetativa	11,3964	48,0287	13,4868	35	0,8076
Reprodutivo	14,2974**	61,3256**	13,7424**	48	0,9799
Total	22,7339**	56,8544**	15,6510**	41	0,9527
Potássio					
Vegetativa	75,0264**	47,2371**	12,9575**	34	0,7725
Reprodutivo	119,2241**	63,7955**	13,4272**	50	0,9889
Total	163,3238**	59,4527**	16,5500**	43	0,9542
Cálcio					
Vegetativa	110,5714**	58,1237**	15,7295**	42	0,9416
Reprodutivo	9,2380**	58,8086**	12,5836**	46	0,9312
Total	119,7209**	58,2344**	15,4315**	43	0,9517
Magnésio					
Vegetativa	25,6946**	54,2422**	15,8974**	38	0,8560
Reprodutivo	6,2561**	64,2576**	14,5146**	50	0,9712
Total	33,0503**	56,6590**	16,0139**	41	0,9174
Enxofre					
Vegetativa	7,7431**	58,6268**	18,4883**	40	0,8766
Reprodutivo	6,2561**	64,2576**	14,5146**	50	0,9712
Total	13,6817**	62,3341**	17,5021**	45	0,9709
Boro					
Vegetativa	95,8575**	53,8396**	16,8233**	37	0,7506
Reprodutivo	85,8658**	69,0694**	19,0044*	50	0,7604
Total	168,6453**	61,1291**	18,3112**	43	0,8914
Cobre					
Vegetativa	682,6930*	66,2729*	9,6846**	57	0,9685
Reprodutivo	16,3609**	112,3757**	36,7462*	76	0,9257
Total	682,6930*	66,2729*	9,6846*	57	0,9685
Ferro					
Vegetativa	497,3385**	64,2443**	20,9549**	43	0,9097
Reprodutivo	ns	ns	ns	-	-
Total	551,7924**	62,7513**	20,0537**	42	0,9102
Manganês					
Vegetativa	50,0055**	53,9825**	16,5717**	37	0,8441
Reprodutivo	31,4033**	65,7318**	13,9253**	52	0,8949
Total	74,6222**	60,0679**	18,0808**	42	0,9236
Zinco					
Vegetativa	88,5859**	49,4562**	13,2437**	36	0,6801
Reprodutivo	87,9427**	64,9243**	14,1084*	51	0,9805
Total	151,0785**	58,7439**	16,6370**	42	0,8820

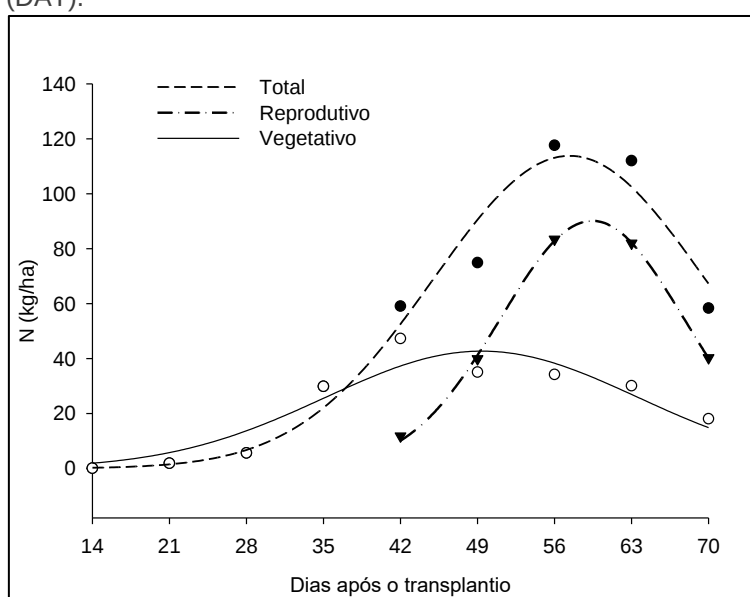
a: corresponde ao valor de máximo acúmulo em kg/ha; **X₀:** corresponde ao valor de x, em DAT, que proporciona o máximo em y; **b:** corresponde à amplitude no valor de x, em DAT, entre o ponto de

inflexão e o ponto de máximo. **: * e ns: significativo, a 1% , 5 % e não significativo, respectivamente, pelo teste t.

Fonte: Os autores.

O acúmulo de N foi lento até os 28 DAT, aumentando significativamente a partir deste período (Figura 4). De acordo com o modelo ajustado (Tabela 4), o máximo acúmulo total (113,8 kg/ha) de nitrogênio ocorreu aos 57 DAT, semelhante ao período de máximo acúmulo de N pela parte reprodutiva (90,09 kg/ha) que ocorreu aos 59 DAT. Já a parte na parte vegetativa, o máximo acúmulo de N ocorreu aos 43 DAT.

Figura 4: Acúmulo de Nitrogênio (N) nas partes vegetativas, reprodutiva e total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob /fertilirrigação no município de Aracati-CE, em função de épocas de avaliação (DAT).

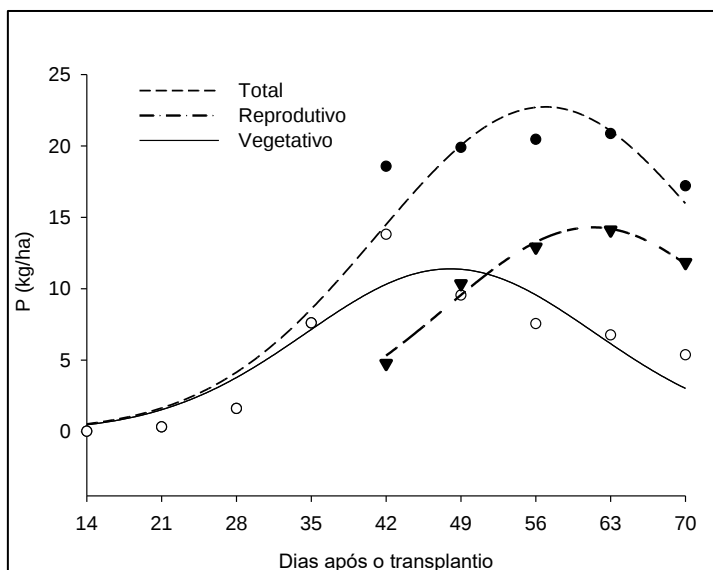


Fonte: Os autores.

Estes resultados corroboram com os observados por Oliveira et al. (2016), os quais obtiveram acúmulo total máximo de N aos 56 DAT. Aguiar Neto et al. (2014) constaram que o acúmulo máximo de N no fruto para as cultivares 'Iracema' e 'Gran Prix' ocorreu aos 55 DAT em Petrolina e aos 52 DAT e 55 DAT em Baraúna corroborando com o que relato no trabalho.

Cerca de 62% do total do fósforo (Figura 5) acumulado pelo meloeiro amarelo 'Goldex', estava presente no fruto (Tabela 4). De forma semelhante ao N, o máximo acúmulo de P correu aos 56 DAT. Semelhante ao observado para o N, para as partes vegetativas e reprodutivas, os máximos ocorreram aos 48 e 61 DAT, respectivamente.

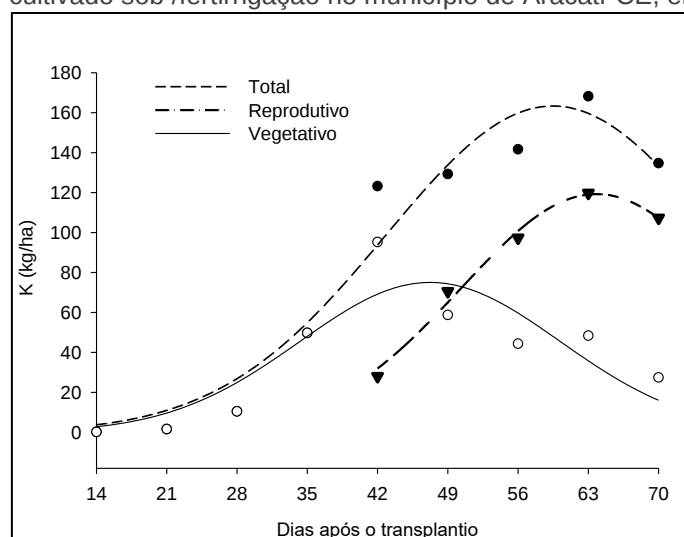
Figura 5: Acúmulo de Fósforo (P) nas partes vegetativas, reprodutiva e total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob /fertirrigação no município de Aracati-CE, em função de épocas de avaliação (DAT).



Fonte: Os autores.

O K foi o nutriente mais extraído pelo meloeiro, cujo máximo (163,32 kg/ha) ocorreu aos 59 DAT (Tabela 4). O acúmulo deste nutriente foi lento até aos 21 DAT, com substancial incremento a partir dos 35 DAT, quando se iniciou significativamente a produção de frutos (Figura 6).

Figura 6: Acúmulo de Potássio (K) nas partes vegetativas, reprodutiva e total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob /fertirrigação no município de Aracati-CE, em função de épocas de avaliação (DAT).



Fonte: Os autores.

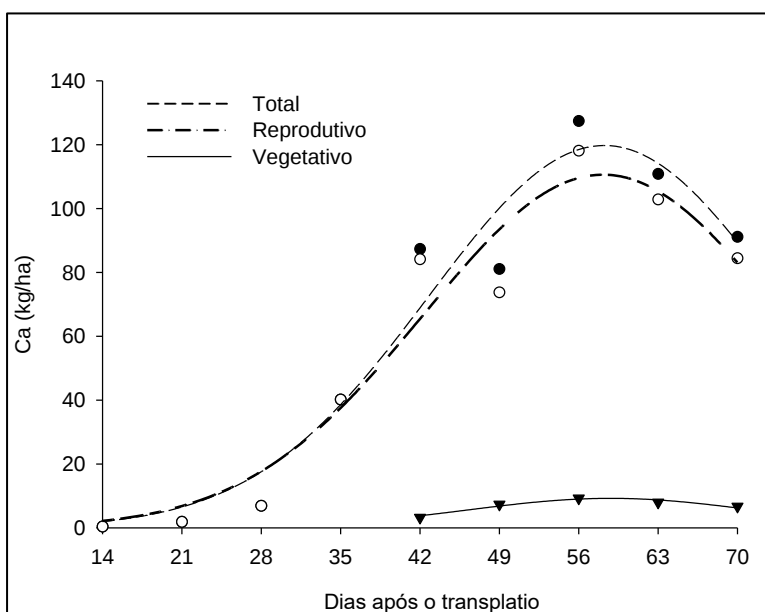
A parte reprodutiva (frutos) foi responsável por cerca de 73% do total acumulado do nutriente pela planta, valor este superior ao obtido para N e P. Tal fato ressalta a importância do potássio para a produção de frutos de melão de boa

qualidade, tendo em vista a participação deste nutriente no transporte de fotoassimilados pela planta (Taiz & Zeiger, 2004).

Os valores máximos acumulados de N, P e K ocorreram em períodos bastante similares (57, 56 e 59, respectivamente). Estes resultados se assemelham aos de Aguiar Neto et al. (2014), que ao avaliarem o crescimento e o acúmulo de nutrientes por híbridos de melão em Baraúna-RN, e Petrolina-PE, constaram maior demanda de N total ocorreu no período de 45 a 55 DAT, com taxas médias de acúmulo, respectivamente, para 'Iracema' e 'Gran Prix', de 0,30 e 0,44 g planta⁻¹ dia⁻¹ em Petrolina e de 0,40 g planta⁻¹ dia⁻¹ nos períodos de 35 a 45 DAT e 25 a 35 DAT em Baraúna.

Para o Ca, observou-se que os acúmulos máximos para as partes vegetativas e reprodutivas ocorreram aos 58 DAT (Tabela 4). As partes vegetativas representaram cerca de 92% do Ca acumulado pela parte aérea de planta (Tabela 4 e Figura 7).

Figura 7: Acúmulo de Cálcio (Ca) nas partes vegetativas, frutos (reprodutivo) e total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob fertirrigação no município de Aracati-CE, em função de épocas de avaliação (DAT).

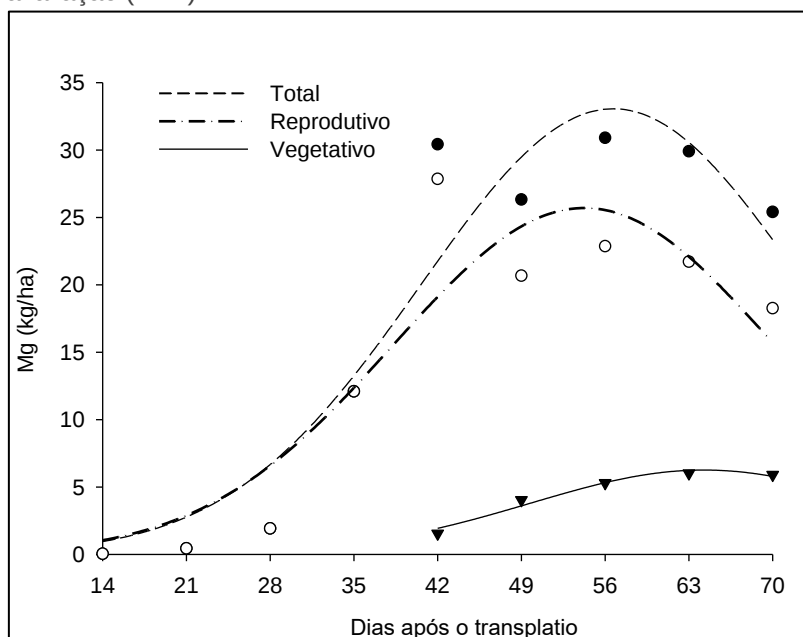


Fonte: Os autores.

No meloeiro, o Ca é fundamental para a qualidade dos frutos, tendo em vista sua participação na composição da parede celular, tornando-se fundamental para prolongar a qualidade pós-colheita dos frutos (Araújo et al. 2016).

Assim como ocorreu com o Ca, o acúmulo de Mg foi maior nos frutos (Tabela 4 e Figura 8), embora em menor proporção (78%) em relação ao primeiro.

Figura 8: Acúmulo de Magnésio (Mg) nas partes vegetativas (v), frutos (reprodutivo) e total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob fertirrigação no município de Aracati-CE, em função de épocas de avaliação (DAT).

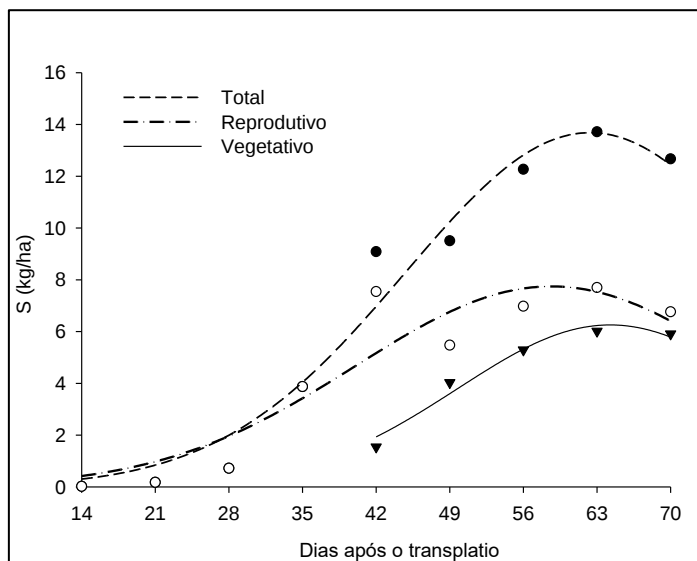


Fonte: Os autores.

O acúmulo deste nutriente foi praticamente contínuo dos 14 aos 42 DAT, quando ocorreu decréscimos até o final do ciclo da cultura (Figura 8). Dessa forma, Mg foi exigido principalmente na fase de crescimento vegetativo da cultura, o que é explicado pela participação deste nutriente na composição da molécula de clorofila, a qual está diretamente envolvida no processo fotossintético (Epstein & Bloom 2006). Por sua vez, o decréscimo do acúmulo de Mg das partes vegetativas em período menor que o Ca é explicado pela sua maior mobilidade no floema, o que proporciona uma maior redistribuição do Mg das partes vegetativas para as partes reprodutivas (Taiz & Zeiger 2004). Este fato é corroborado pelo pico do acúmulo desse nutriente no fruto que ocorreu cerca de 7 dias após o pico do acúmulo total.

O enxofre foi, dos macronutrientes, o menos acumulado pelo meloeiro (13,68 kg/ha). O acúmulo de S foi lento dos 14 aos 28 DAT, intensificando-se a partir deste período e atingindo o máximo aos 62 DAT. Observou-se ainda que as partes vegetativas e reprodutivas apresentaram contribuição relativa equilibrada, sendo a parte vegetativa de cerca de 56% e a parte reprodutiva de 44% do acúmulo total de S pela planta. O máximo acúmulo de S nas partes vegetativas ocorreu aos 62 DAT, enquanto para o fruto, o máximo acúmulo ocorreu aos 64 DAT (Tabela 5 e Figura 9).

Figura 9: Acúmulo de Enxofre (S) nas partes vegetativas, fruto (reprodutivo) e total (t) no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob fertirrigação no município de Aracati-CE, em função de épocas de avaliação (DAT).

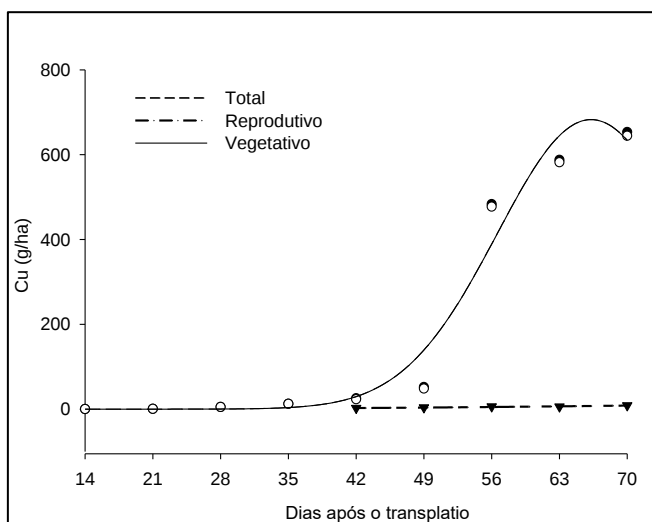


Fonte: Os autores.

De modo geral a marcha de absorção de macronutrientes total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob fertirrigação no município de Aracati seguiu a seguinte ordem: $K > Ca > N > Mg > P > S$. Esta ordem de acúmulo diverge de marchas encontrada em outras cultivares de melão. Aguiar Neto et al. (2014) ao estudarem os híbridos de melão (Iracema e Gran Prix) em Baraúna-RN e Petrolina-PE, verificaram a seguinte sequência de $K > N > P > Ca > Mg$ nas duas matérias e nos dois lugares. Damasceno et al. (2012) ao determinarem a marcha de absorção e o acúmulo de nutrientes pelo melão cantaloupe tipo "Harper", nas condições de Mossoró-RN, visando à recomendação de adubação para aplicação via Fertirrigação constataram que o requerimento de nutrientes pelo melão seguiu a seguinte ordem: $K > N > P$. As diferenças em relação à marcha de absorção entre vários trabalhos são explicadas devido à extração de nutrientes dependerem de vários fatores como: clima, cultivares, tipo de solo, manejo da adubação, taxa de aplicação via fertirrigação, etc.

Assim como observado para a maioria dos nutrientes, o acúmulo de boro foi lento dos 14 aos 28 DAT (Figura 10), com máximo (168,6 g/ha) aos 61 DAT (Tabela 4). O maior acúmulo deste nutriente ocorreu nas partes vegetativas (57%), indicando que no meloeiro, assim como acontece para outras culturas, a redistribuição de B é pequena devido à sua baixa mobilidade no floema (Malavolta et al. 1997).

Figura 10: Acúmulo de Boro (B) nas partes vegetativas, frutos (reprodutivo) e total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob fertirrigação no município de Aracati-CE, em função de épocas de avaliação (DAT).

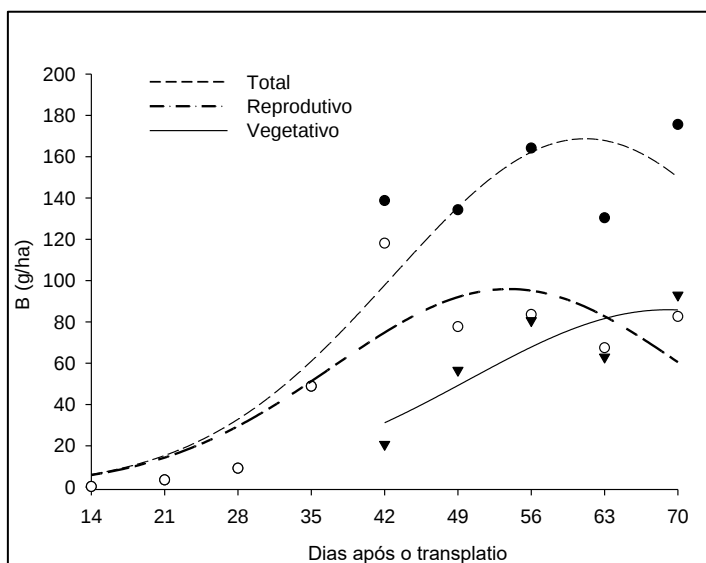


Fonte: Os autores.

É importante destacar que o máximo acúmulo de B nos frutos ocorreu aos 69 DAT, ou seja, bastante depois do período de máximo para as partes vegetativas. Este fato corrobora com a baixa redistribuição do B na planta, mas, ao mesmo tempo ressalta a importância deste nutriente no processo de frutificação.

O Cu foi um dos micronutrientes mais acumulados pelo meloeiro (Tabela 4 e Figura 11).

Figura 11: Acúmulo de Cobre (Cu) nas partes vegetativas, frutos (reprodutivo) e total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob fertirrigação no município de Aracati-CE, em função de épocas de avaliação (DAT).

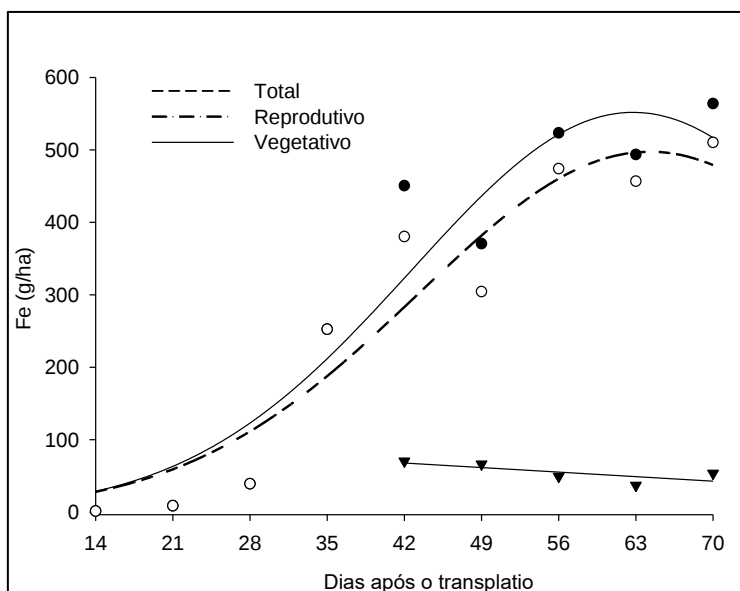


Fonte: Os autores.

Praticamente todo o cobre acumulado na planta, esteve presente nas partes vegetativas. A alta concentração de Cu observado na cultura do meloeiro cultivado na área do município de Aracati-CE é incomum. Em outros trabalhos sobre marcha de absorção na cultura do melão, o Cu foi micronutriente menos acumulado pela cultura (Mello 2011, Neto et al. 2012, Oliveira et al. 2014). Os elevados valores de acúmulo de Cu observado neste trabalho podem ter sido ocasionados pelas frequentes aplicações de defensivos agrícolas na cultura, especialmente fungicidas à base de Cu. Desta forma, os totais acumulados, observados neste trabalho, necessitam ser interpretados com uma certa cautela, pois provavelmente não refletem a real necessidade deste nutriente pela planta.

O Ferro foi o segundo micronutriente mais extraído pelo meloeiro (Tabela 4). Observou-se que este nutriente se concentrou principalmente na parte vegetativa (cerca de 90%), atingindo os valores máximos para a parte vegetativa e, total aos 64 e 62 DAT, respectivamente (Tabela 4 e Figura 12).

Figura 12: Acúmulo de Ferro (Fe) nas partes vegetativas, frutos (reprodutivo) e total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob fertirrigação no município de Aracati-CE, em função de épocas de avaliação (DAT).



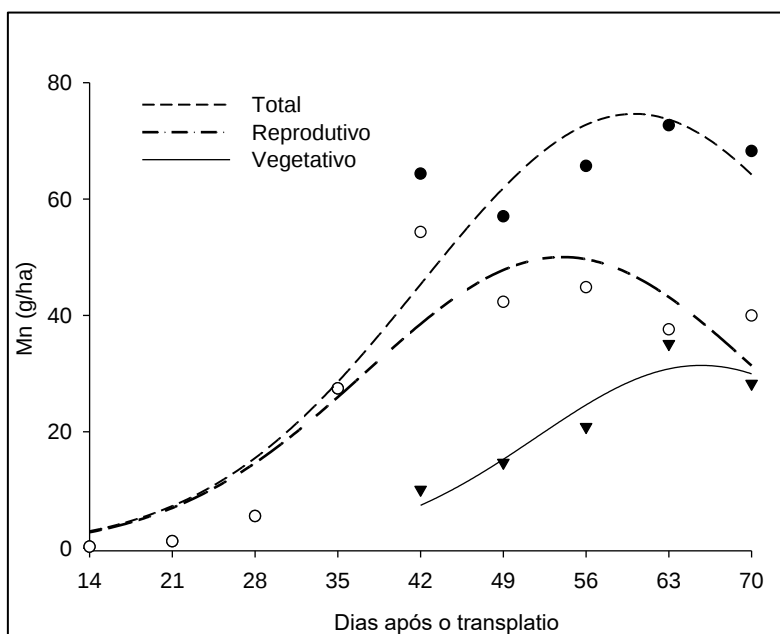
Fonte: Os autores.

O acúmulo de Fe foi lento aos 14 e 21 DAT e intensificou-se aos 28 DAT. Para os frutos, não houve ajuste significativo para o modelo testado. O maior acúmulo de Fe na parte vegetativa do que no fruto, pode ser explicado devido a sua baixa redistribuição na planta e devido à função do Fe no processo na síntese de clorofila e

consequentemente na fotossíntese. O Fe é um nutriente importante para a síntese de proteínas envolvidas na transferência de elétrons, como os citocromos e os centros Fe-S (Taiz & Zeiger, 2004).

O acúmulo de manganês, assim como o Fe, foi superior nas partes vegetativas, embora em menor proporção (67%). De acordo com o modelo ajustado, o máximo (74,62 g/ha) acúmulo total deste nutriente ocorreu aos 60 DAT, enquanto as partes vegetativas e reprodutivas apresentaram os máximos aos 54 e 65 DAT, respectivamente (Tabela 4, Figura 13).

Figura 13: Acúmulo de Manganês (Mn) nas partes vegetativas, frutos (reprodutivo) e total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob fertirrigação no município de Aracati-CE, em função de épocas de avaliação (DAT).

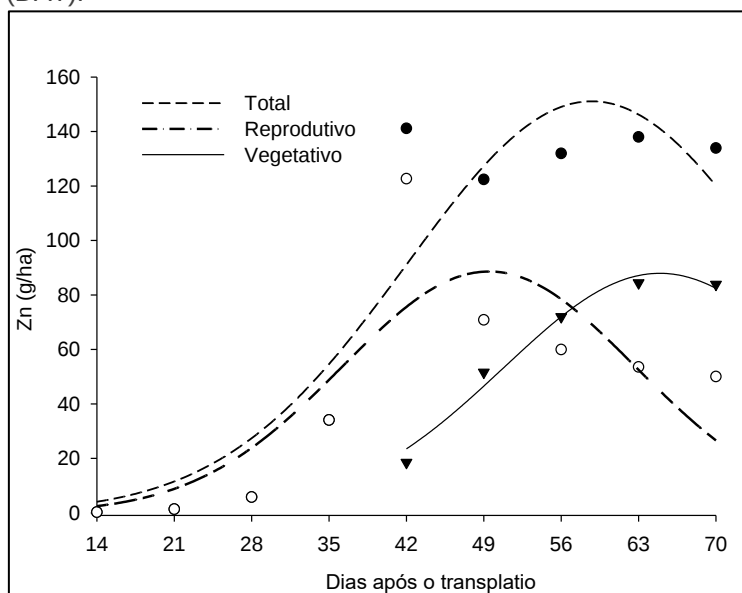


Fonte: Os autores.

De forma semelhante à maioria dos nutrientes, o acúmulo de Mn foi lento aos 14 e aos 21 DAT, intensificando-se a partir dos 28 DAT. Entretanto, o acúmulo total máximo obtido por estes autores foi de cerca de 250 g/ha), ou seja, cerca de 3,7 vezes superior ao obtido no presente trabalho. Este fato pode explicado pelos maiores teores de Mn no solo onde foi realizado o experimento dos citados autores. O menor acúmulo de Mn nas partes reprodutivas, indica que o nutriente apresenta redistribuição limitada. Contudo, a presença deste nutriente nas partes vegetativas, especialmente nas folhas é coerente com sua participação no processo fotossintético, que juntamente com o cloro, atuam na fotólise da água e evolução do oxigênio (Taiz & Zeiger, 2004).

O Zn, por sua vez, de forma semelhante ao B, apresentou distribuição equilibrada entre as partes vegetativas e reprodutivas do meloeiro (Figura 14).

Figura 14: Acúmulo de Zinco (Zn) nas partes vegetativas, frutos (reprodutivo) e total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob fertirrigação no município de Aracati-CE, em função de épocas de avaliação (DAT).



Fonte: Os autores.

No presente trabalho, o máximo acúmulo de Zn ocorreu aos 58 DAT, enquanto nas partes vegetativas e reprodutivas, os máximos ocorreram aos 49 e 64 DAT, respectivamente (Tabela 4). Observou-se que a partir dos 56 DAT, o maior acúmulo de Zn foi de frutos, quando houve acentuado decréscimo no acúmulo desse nutriente pela parte vegetativa (Figura 14). O maior acúmulo de Zn nos frutos num período superior ao das partes vegetativas pode estar relacionado com a maior necessidade do nutriente na síntese de proteínas do fruto e das sementes (Taiz & Zeiger 2004). Ressalta-se que este aumento do acúmulo de Zn nos frutos na sua fase de amadurecimento, é particularmente importante na qualidade nutricional do fruto enquanto alimento, tendo em vista que se trata de um elemento essencial também na nutrição humana, e que geralmente há grande carência nos alimentos em geral.

4. CONCLUSÕES

A marcha de absorção de micronutrientes total no melão amarelo 'Goldex' cultivado sob fertirrigação no município de Aracati-CE seguiu a seguinte ordem: Cu>Fe>B>Zn>Mn. Desta forma fica evidente que a marcha de absorção de um dado

nutriente pelo meloeiro, para uma mesma variedade ou cultivar, pode sofrer alteração em função dos atributos do solo e do manejo da adubação da cultura.

REFERÊNCIAS

- Aguiar Neto, P.; Granjeiro, L.C.; Mendes, A.M.S.; Costa, N.D.; Cunha, A.P.A. Crescimento e acúmulo de macronutrientes na cultura do melão em Baraúna - RN e Petrolina - PE. *Revista Brasileira Fruticultura*, v. 36, n. 3, p. 556-567, 2014.
- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith. *Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: FAO, Estudio Riego e Drenaje Paper, 56), 2006, 298p.
- Araujo, J.L.; Oliveira, F.S.; Oliveira, F.S. Partição de nutrientes na parte aérea do meloeiro 'Goldex' fertirrigado. *Revista Agroambiente*, v. 10, n. 4, p. 299-308, 2016.
- Cavalcanti, F.J.A. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: segunda aproximação. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, IPA, 2008. 212p.
- Comissão de Química e fertilidade do Solo - CQFRS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.
- Damasceno, A.P.A.B.; Medeiros, J.F.; Medeiros, D.C.; Melo, I.G. C.; Dantas, D.C. crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo "Harper" fertirrigado com doses de N e K. *Revista Caatinga*, v. 25, n. 1, p. 137-146, 2012.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 306p, 2006.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro. 212 p.
- Gurgel, M.T.; Gheyi, H.R.; Oliveira, F.H.T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 1, p. 18-28, 2010.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=rn>. Acessado em: 15 setembro de 2019.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 3. ed. 2012. 6650 p.
- Melo, M.D. Crescimento e acúmulo de nutrientes do meloeiro rendilhado cultivado em substrato, UNESP, 2011, 80p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.
- Melo, D.M.; Charlo, H.C.O.; Castoldi, R.; Gomes, R.F.; Braz, L.T. Nutrient accumulation in 'Fantasy' net melon cultivated on substrate. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 4, p. 1673-1682, 2013.

Neto, P.C.T.; Medeiros, J.F.; Gheyi, H.R.; Dias, N.S.; Oliveira, F.R.A.; Lima, K.L. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no meloeiro irrigado sob estratégias de manejo da salinidade. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 10, p. 1069-1077, 2012.

OliveiraA, F.H.T. Sistema para recomendação de calagem e adubação para a cultura da bananeira, UFV, 2002. 78p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285p. (IAC. Boletim técnico, 100).

Souza, R.J.; Macêdo, F.S.; Carvalho, J.G.; Santos, B.R.; Leite, L.V.R. Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio. Horticultura Brasileira, v. 29, n. 4, p. 498-503, 2011.

Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Universidade Federal do ceará - UFC. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará. Fortaleza, 1993. p.138-139.

CAPÍTULO 22

TECNOLOGIA BIOFLOC: DATOS, ESTUDIOS Y EXPERIENCIAS PARA EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA LATINOAMERICANA.

Thiago Marinho-Pereira

Doctorando en Ciencias Pesqueras en los Trópicos por la Universidad Federal do Amazonas

Profesor en la Universidade Federal do Oeste do Pará

Rua Vera Paz, s/n – Salé

Santarém, Brasil – CEP: 68040-255.

Correo electrónico: tmarinhopereira@gmail.com

Paulo Henrique Rocha Aride

Doctor en Biología de Agua Dulce y Pesca Interior por el

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Profesor en el Instituto Federal de Educação, Ciencia e Tecnologia do Amazonas

Av. Cosme Ferreira, 8045 – São José Operário

Manaus, Brasil – CEP: 69083-000

Correo electrónico: aride@ifam.edu.br

Bruno Adan Sagratzki Caverio

Doctor en Biología de Agua Dulce y Pesca Interior por el

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Profesor en la Universidade Federal do Amazonas

Av. Gen. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 1200 – Coroadó I

Manaus, Brasil – CEP: 69067-005

Correo electrónico: basc@ufam.edu.br

RESUMEN: Este trabajo presenta la tecnología biofloc para el cultivo de peces y crustáceos en ambientes tropicales. Se muestran, a través de diversos estudios los beneficios del uso del biofloc, con la presentación de conceptos sobre lo que es biofloc y sus constituyentes biológicos y nutricionales, la explicación sobre la importancia del uso y establecimiento de la relación carbono-nitrógeno y las diferentes herramientas para aireación del agua. Así, se busca sumar experiencias, datos y trabajos académicos con la proposición de metodologías eficientes para que el uso de la tecnología biofloc permita el aumento de la densidad y productividad en los cultivos. El uso de la tecnología biofloc es altamente significativa para la eficiencia y gestión de las fincas productoras de pescado, contribuyendo a: 1) disminución de los impactos sobre los ambientes por la reducción del consumo del agua y el mejor aprovechamiento de los nutrientes; 2) reducción de costos de alimento; 3) menor cantidad de efluentes; 4) mejor aprovechamiento de los recursos hídricos y suelo; 5) mayor productividad, ganancia y control de los animales bajo situaciones de cultivo.

PALABRAS-CLAVE: acuicultura, biofloc, cultivo intensivo, heterotrófico, nitrificante, relación carbono-nitrógeno.

ABSTRACT: This work seeks to present the biofloc technology for the farming of fish and other aquatic organisms in tropical environments. The benefits of its use are shown by various studies, with the presentation of concepts about what biofloc is, and its biological and nutritional constituents, the explanation about the importance of the use and establishment of the carbon-nitrogen ratio and the different tools for water aeration. We seek to register experiences, data and academic work proposing efficient methodologies to allow to increase crop density and productivity through the use of BFT technology. The use of biofloc technology is highly significant for the efficiency and management of fish producing farms, contributing to: 1) reduction of impacts on the environment through the decrease of water consumption and better use of nutrients; 2) feed cost reduction; 3) lower amount of effluents; 4) better use of water resources and land; 5) higher productivity, gain and control of animals being cultivated.

KEY-WORDS: aquaculture, biofloc, intensive culture, heterotrophic, nitrifying, carbon-nitrogen relationship.

1. INTRODUCCION

La producción mundial de peces a escala industrial es algo imperativo por el hecho de que los recursos pesqueros mundiales han alcanzado su límite de explotación y ya no tienen la capacidad de garantizar el abastecimiento de la población del planeta, la cual viene creciendo a una tasa anual de 1,5% (UN, 2014). Para el año 2018, datos señalan un consumo *per cápita* mundial de pescado de 20,5kg, un nuevo récord. En ese mismo año la producción total de animales acuáticos fue de $82,1 \times 10^6$ t (66,1% de peces, 11,4% de crustáceos, 21,3% de moluscos y 1,1% de otros animales), con $32,4 \times 10^6$ t de plantas acuáticas y 26×10^3 t de conchas y perlas ornamentales; para un valor estimado total de US\$ $263,4 \times 10^9$ (FAO, 2020).

Para Latinoamérica la situación no es muy diferente. La FAO prevé una significativa expansión de la producción acuícola en Latinoamérica y el Caribe, alcanzando una producción de $2,5 \times 10^6$ t, un crecimiento de casi 25% en comparación con los niveles presentados el 2010, cuando la región produjo $1,8 \times 10^6$ t, con un consumo continental anual *per capita* de 9,8kg. Entre los mayores productores de la región, Chile (8ª posición mundial en producción y 7ª en exportación) pasó el histórico liderazgo continental de Brasil (13ª posición mundial), produciendo en 2016 (dato productivo más actual) casi 1×10^6 t, mientras Brasil produjo $\sim 600 \times 10^3$ t (FAO, 2018).

A la par de que existe la necesidad de aumentar la producción pesquera a través de la acuicultura suplir la demanda de peces, hay una restricción muy grande por utilizar la intensificación como herramienta de cultivo. En un intento de disminuir impactos ambientales, sanitarios y económicos asociados al proceso de intensificación de la acuicultura, la tecnología 'biofloc' (BFT; una tecnología basada en el reciclaje de nutrientes, en particular del nitrógeno por medio del cultivo de biomasa bacteriana en el mismo lugar del cultivo de los organismos acuáticos de interés) promete popularizar el cultivo de peces, generando pocos efluentes y mayor facilidad en el control de patógenos que se aprovechan de la mala calidad de agua para parasitar a peces y camarones (Azim y Little, 2008; Emerenciano et al., 2013; Bossier y Ekasari, 2017).

El cultivo BFT ha presentado resultados muy interesantes, una vez que en la mayoría de los casos no existe un gran requerimiento hídrico, solo una reposición

debido a la evaporación, con un mayor control sobre los factores de bioseguridad de las fincas acuícolas y también por factores económicos, logísticos y financieros, una vez que la construcción de los estanques requieren menor tiempo para instalación y curado. Ello trae para los inversionistas un menor tiempo para retorno del capital, importante índice económico conocido como *payback* (Taw, 2010).

El cultivo con BFT se tornó popular en los medios académicos desde la década de 1990, con trabajos que presentaban el control del nitrógeno inorgánico por la manipulación de la relación carbono:nitrógeno (C:N) en el agua (van Rijn y Rivera, 1990; Hopkins et al., 1995; Avnimelech, 1999). Esta tecnología ha sido foco y meta de muchas investigaciones en todo el mundo, pero aún necesita de una mayor divulgación a productores y otros miembros de la comunidad académica en general, desmitificando su implantación, uso y gestión, para que pueda cumplir así su función reduccionista en relación con el uso de recursos naturales para su operación (Ahmad et al., 2017).

2. RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO

2.1 NITRÓGENO EN LA DIETA DE ORGANISMOS ACUÁTICOS Y SU INTERACCIÓN COM EL AMBIENTE.

Uno de los mayores problemas en acuicultura intensiva es la acumulación de nitrógeno inorgánico en el agua y la dificultad en su remoción (Avnimelech, 1999). Para producir 1kg de pez vivo se necesitan entre 1 y 2kg de alimento, pero 75% de este no es aprovechado por los peces y va a la columna de agua, bien sea por excreción o simplemente por no ser consumido, permaneciendo en los efluentes del cultivo (Craig y Helfrich, 2017).

El nitrógeno (N_2) es un elemento presente en las proteínas (en media, 16% del total de una proteína es N_2). Los peces necesitan de proteínas ya que 65 a 75% del total de su materia seca corporal está conformado de polipéptidos con grupo amino-terminal. Los polipéptidos son responsables por la estructura (queratina, músculo y colágeno) y los mecanismos de regulación del metabolismo de las enzimas y hormonas (Fracalossi y Cirino, 2013).

Solo la ingestión regular de proteína (y por ende de N_2) puede suplir los aminoácidos esenciales para las funciones que garantizan el proceso de crecimiento hipertrófico (combinación de lisina, metionina y treonina) y la ingestión de los aminoácidos que son responsables por evitar antagonismos con la lisina, como es el

caso de la arginina. O sea, es muy difícil bajar los elevados niveles de proteína de la dieta en peces debido a su importancia en las más variadas funciones, principalmente en relación con crecimiento y bienestar del animal (Righetti et al., 2011).

Al establecer la dieta de peces en cultivo es imprescindible considerar que solo 25% del alimento llega a ser consumido. Eso significa que en caso de que la alimentación proporcionada sea de 2,0 % de la biomasa al día tendríamos: a) 20g de alimento·kg⁻¹ de biomasa al día; b) 6,4 g de proteína·kg⁻¹ de alimento comercial de 32% de PB al día; c) 1,02 g de N₂·kg⁻¹ de biomasa al día; d) con 75,0 % enviado al medio acuático, sea por el alimento no consumido o por vía de las excretas, 0,77g de N₂·kg⁻¹ o 77 kg·t⁻¹ de biomasa al día estarán disponibles para convertirse en compuestos inorgánicos y tóxicos para los animales, tales como NH₄⁺ (ion amonio), NH₃ (amonio no ionizado) y NO₂⁻ (nitrito) (Bakar et al., 2015).

El principal producto de la excreción de los peces en sistemas de cultivo es el amonio, resultado del catabolismo de las proteínas. La interacción entre las formas tóxicas del N₂ en el agua, resultante del proceso denominado amonificación es dependiente, principalmente, de los niveles de pH, de la temperatura y salinidad (Vinatea-Arana, 2004). Por eso, para bajar los niveles de N₂ inorgánico en el agua, una de las soluciones más usadas es cambiar el agua de los medios, una vez que concentraciones continuas entre 0,01 y 0,05ppm de NH₄⁺ y de 0,5ppm de NO₂⁻ son perjudiciales para las especies acuáticas más sensibles (Kubitza, 2011).

2.2 CÁLCULO DE LA RELACIÓN C:N PARA FORMACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BIOFLOC

El uso de la técnica de recambio de agua para bajar los niveles de N₂ en la columna de agua trae problemas, como lo son el riesgo de fuga de los animales de cultivo, la transmisión y propagación de patógenos peligrosos para la acuicultura y medio ambiente, y los elevados costos por renovación de agua por bombeo. Así, el abordaje más interesante es el de aprovechar, y consecuentemente, reducir ese N₂ inorgánico con la producción de proteínas microbianas por la adición de fuentes de carbono (Avnimelech, 2007).

Las bacterias y otros microorganismos usan carbohidratos como fuente principal de alimento para generar energía y crecer. La capacidad de incorporación de C por parte de los microorganismos puede alcanzar entre 40-60% y el N₂ es necesario para que las células microbianas puedan producir nuevas células, donde el material básico es la proteína. O sea, la utilización microbiana de carbohidratos es acompañada de

una inmovilización de N₂ inorgánico, un proceso microbiano que casi todas las especies de microorganismos llevan a cabo. Así, la adición de carbohidratos es una manera muy eficiente de reducir y minimizar la concentración de N₂ inorgánico en el agua (Avnimelech, 1999).

Ebeling et al. (2006) establecieron una relación C:N mínima de 6:1, ofreciendo las condiciones básicas para producción de proteína microbiana. Así, hay dos maneras de calcular la adición de C en el medio acuático (Tabla 01): por la concentración de nitrógeno amoniacal total (NH₃ + NH₄⁺) en el medio acuático (C_{agua}) y 2) por el nitrógeno presente en el alimento diariamente proporcionado para los animales en cultivo (C_{alimento}). Para el uso de estas ecuaciones debe tenerse en cuenta que el alimento ya tiene una relación C:N inicial, que debe ser considerada en el momento del cálculo (Tabla 02; Jiménez-Ojeda et al., 2018), algo ya estudiado por Bakar et al. (2015) cuando sugirieron una relación C:N, óptima para la inmovilización del amonio, de 15:1.

Table 1: Cálculos para adición de carbono al medio acuático.

$C_{\text{agua}}^1 = \frac{\text{TAN} \times (\text{C:N})}{F_C (\%)}$	$C_{\text{alimento}}^2 = \frac{\text{PB} \times \text{N} \times \text{RA} \times (\text{C:N})}{F_C (\%)}$
C _{agua} : cantidad de C para adición en función del agua	C _{alimento} : cantidad de C para adición en función del alimento
TAN: (NH ₃ + NH ₄ ⁺)	PB(g): cantidad de proteína bruta en 1kg de alimento
C:N: relación carbono:nitrógeno	N: % de nitrógeno en la PB (16%)
F _C : nivel de C (%) que hay en la fuente de C escogida	RA (residuo alimentario): % de alimento que no es consumido por los animales (en general, 75%)
	C:N: relación carbono:nitrógeno
	F _C : nivel de C (%) que hay en la fuente de C escogida

Fonte: Os autores.

Table 2: Relaciones C:N presentes en alimentos según contenido de proteína bruta (Jiménez-Ojeda et al., 2018).

Proteína bruta en el alimento (%PB)	Relación C:N
15	21,5:1
20	16,1:1
25	12,9:1
30	10,8:1
35	9,2:1
40	8,1:1

Fonte: Os autores.

La fuente de carbono más usada para formación de los flocs es la melaza. La melaza es el resultado del proceso de la refinación del azúcar y, generalmente posee entre 45-50% de sustancias derivadas del azúcar, como sacarosa, glucosa y fructosa, con 30% de C, y está disponible en presentación líquida (Silva et al., 2009) o en polvo (Brol et al., 2017). Otras fuentes de carbono que también pueden ser utilizadas son el azúcar (31% de C), harina de yuca (46% de C) (Silva et al., 2017) y residuo de cervecería (45,8% de C) (Gandini, 2013). Este último producto registró resultados muy satisfactorios frente a melaza y harina de yuca en cultivo de camarón *L. vannamei* (Gandini et al., 2016). La adición de fuentes de C orgánico y la manutención de niveles óptimos de O₂ disuelto en el agua estimulan el desarrollo de bacterias heterotróficas, aumentando la eficiencia del sistema acuático en retener N₂ inorgánico y formando los flocs bacterianos que poseen elevados niveles de aminoácidos y otros elementos esenciales (Silva et al., 2009).

3. QUÉ ES BIOFLOC?

3.1 LA COMUNIDAD MICROBIANA PRESENTE

Los primeros registros experimentales del uso de biofloc para fines acuícolas fueron llevados a cabo en el Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer con diferentes especies de camarones, en el inicio de los años 1970 (Emerenciano et al., 2013). Son dos las categorías principales de poblaciones bacterianas en sistemas BFT: heterotrófica amonio-asimilativa y quimioautotróficas nitrificantes. El cambio de color del biofloc de verde para marrón es debido a pasaje a transición de una dominancia algal-autotrófica para una dominancia biofloc-bacteriana. La cantidad de bacterias varía entre 1×10^6 y 1×10^9 /ml de masa de biofloc y la materia seca entre 10 y 30mg·cm⁻³, con tamaño de partícula entre 100 y 1000µm (Ahmad et al., 2017), con baja densidad relativa y baja velocidad de precipitación en la columna de agua (1-3m·h⁻¹) (Sears et al., 2006).

Azim y Little (2008) identificaron tres grandes grupos taxonómicos asociados al biofloc en cultivo indoor de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*): Protozoa, Rotífera y Oligochaeta. Entre los protozoarios dominaron Paramecium, Tetrahymena y Petalomonas; para Rotífera dominaron Lecane, Trichocerca, Polyarthra y Asplanchna; y para Oligochaeta solo fue encontrado Tubifex. Los flocs identificados tenían una talla que varió entre 50 y 200µm.

Bakar et al. (2015) encontraron géneros de microalgas en sistemas BFT para cultivo de African catfish (*Clarias gariepinus*) que incluyeron *Scenedesmus*, *Cyclotella*, *Chaetoceros*, *Oocystis*, *Tribonema*, *Skeletonema*, *Micratinium*, *Anabaena*, *Gomphospaeria*, *Coelastrum*, *Oscillatoria* y *Protococcus*, y para zooplancton identificaron *Rotaria* y *Brachionus*.

Brol et al. (2017) estudiaron el cultivo de tilapias nilóticas en el sistema BFT en Brasil y caracterizaron la comunidad planctónica, la cual presentó variaciones en la densidad en función del tiempo. Ostrácodos y rotíferos fueron los más abundantes. Los rotíferos siempre estuvieron asociados con la existencia del biofloc, al paso que son responsables por la catálisis de los flocs y consumo de bacterias en el sustrato presente en el medio acuático.

A partir del análisis de las investigaciones relatadas se puede sugerir que la composición del biofloc presenta amplias diferencias. Fuentes de C utilizadas, intensidad de luz, relación depredador-presa, región del mundo, fuente de agua y otros factores más pueden contribuir para que esa diferencia sea muy significativa entre un experimento y otro. Pero existen algunos parámetros físicos principales (Tabla 03) para su identificación y caracterización, ya que se considera que solo hasta 20% de la fracción orgánica de los bioflocs son células microbianas vivas, entre 30-40% es materia orgánica y 60-70% son compuestos inorgánicos (Avnimelech, 2007; De Schryver et al., 2008).

Tabla 3: Principales parámetros y métodos para la caracterización de bioflocs en sistemas BFT

Parámetro	Definición	Determinación	Rango
Sólidos suspendidos (TSS)	Cantidad de partículas presente en una muestra del agua ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	Las partículas son separadas del agua por filtración o centrifugación y deshidratadas <i>overnight</i> a 100°C .	$0,2-1,0\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$
Sólidos volátiles suspendidos (VSS)	Cantidad de materia orgánica en forma de partícula en una muestra del agua ($\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Después de secado, los sólidos son calentados a 600°C . El SS disminuye el rendimiento del parámetro VSS.	SDD
Sólidos Sedimentables (SSD)	El volumen ocupado por la materia disponible en una muestra del agua ($\text{ml}\cdot\text{l}^{-1}$)	Obtenido a partir del volumen del floc después de 20min de sedimentación en un cono Imhoff	$10-30\text{ml}\cdot\text{l}^{-1}$

SDD: sin datos disponibles. Adaptado de De Schryver et al. (2008), Gaona et al. (2015), Brol et al. (2017).

Fonte: Os autores.

La floculación de las comunidades microbianas es un proceso complejo. Su función está relacionada con el objetivo de agregar partículas de talla pequeña, creando agregados mayores y listos para el consumo de los peces. Los mayores

constituyentes encontrados en la matriz biofloculante son polímeros macromoleculares como las glicoproteínas, polisacáridos, proteínas, lípidos, celulosa y ácidos nucleicos. Esas estructuras forman una matriz que encapsula células microbianas, resultando en un rápido y fácil proceso de formulación flocular. Bacterias heterotróficas con actividad biofloculante tienen un papel destacado en la formación y desenvolvimiento del biofloc (Jiang *et al.*, 2019).

Para promover la eficiencia en la agregación de biomasa microbiana es importante comenzar el inóculo inicial con especies que tengan características de agregación, condiciones de cultivo con niveles aceptables de relación C/N, pH, O₂ disuelto, temperatura y velocidad de agitación del agua de los tanques son factores importantes para la actividad de esos organismos (De Schryver *et al.*, 2008).

3.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

El biofloc es una comida natural disponible 24 horas al día a los animales en cultivo. La constante aireación y agitación de la columna de agua, así como la adición de fuentes de C, posibilita la descomposición aerobia y manutención de los niveles óptimos de los flocs microbianos en suspensión, permitiendo su continuo mantenimiento y reproducción. Bajo niveles ideales de la relación C:N, el N₂ inorgánico es inmovilizado por las células de las bacterias, mientras los substratos orgánicos son metabolizados. La conversión del amonio total en proteína microbiana, diferentes fuentes de C, habilidad del animal para ingerir y digerir el alimento y la densidad de los bioflocs en el agua son los responsables por los elevados niveles de proteína bruta y por el valor nutricional del biofloc presentes en sistemas BFT (Ahmad *et al.*, 2017). En la Tabla 04 se presentan algunos de los valores nutricionales encontrados en la literatura.

Tabla 4: Reportes de composición centesimal de bioflocs disponibles en la literatura

Composición BFT*	Azim y Little (2008)	Ballester <i>et al.</i> (2010)	Ekasari <i>et al.</i> (2016)
Proteína bruta	38%	30%	35%
Lípidos	3%	5%	5%
Cenizas	12%	40%	20%
Fibras	6%	8%	8%
Extracto libre de N ₂	41%	17%	33%

* Composición en la materia seca
 Fuente: Os autores.

Para entender las diferencias presentes entre los trabajos (Tabla 04) es necesario analizar las metodologías utilizadas en cada uno de los estudios. Azim y

Little (2008) emplearon exclusivamente harina de trigo como fuente de C para cultivo de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*, añadida a una tasa del 60% en la alimentación diaria. Ballester *et al.* (2010) evaluarán el cultivo de *Farfantepenaeus paulensis* en sistemas intensivos BFT *outdoors* usando melaza y salvado de trigo como fuente de C y una relación C:N de 20:1. Silva *et al.* (2013) usaran salvado de trigo y melaza en el cultivo de *Litopenaeus vannamei* bajo sistema BFT, considerando una relación de 6g de C para convertir 1g de TAN en biomasa bacteriana. Por último, Ekasari *et al.* (2016), evaluando la aplicación de la tecnología BFT en la producción de alevinos de *Clarias gariepinus*, utilizaron solo melaza en una relación de 10:1 para estimular el crecimiento de biomasa heterotrófica.

Muchas son las especies de interés para la acuicultura que posee mecanismo de filtración del biofloc en suspensión, pudiendo reciclar los nutrientes, heces y materia orgánica disponibles en el medio acuático, reduciendo los costos de inversión y mantenimiento alimentar (Luo *et al.*, 2014). El mecanismo de filtración funciona como una bomba de succión, realizando filtración por flujo cruzado con presencia de moco en los rastros branquiales que sirve para la adhesión de las partículas. Esas partículas adheridas en el moco son enviadas para el esófago y después engullidas. En especies más eficientes, como es el caso de la tilapia, hay un mecanismo que regula el proceso de producción del moco que es dependiente del tamaño de la partícula adherida (Silva, 2016).

Como en acuicultura el costo del alimento representa algo cercano al 60% del costo total de producción (Sonoda *et al.*, 2016), el consumo de bioflocs disponibles en el agua puede generar reducciones de hasta 30% en la tasa de conversión de alimento (FCR: *feed conversion ratio*) en comparación con los sistemas tradicionales (Azim y Little, 2008; Silva *et al.*, 2013; Brol *et al.*, 2017).

4. AIREACIÓN EN LA TECNOLOGÍA BFT

Los principales objetivos de la aireación en acuicultura son remover gases como N₂ y CO₂ del agua y de elevar el nivel de la concentración de O₂ disuelto. Cuanto más O₂ es inyectado en el medio acuático menor es la cantidad de renovación de agua que el sistema necesita. La cantidad y la velocidad de transferencia de los gases al medio acuático depende, básicamente, de dos factores: momento de transferencia de masa (cuando hay entrada o salida de gases en el agua) y momento de equilibrio,

donde hay las condiciones necesarias para que los gases se queden en equilibrio (Lekang, 2013).

El aireador, equipo responsable de elevar la concentración de O₂ disuelto en el agua, ha sido proyectado para crear condiciones lo más cerca posible a las condiciones de equilibrio entre el gas disponible en el aire atmosférico y el gas del medio acuático. En equilibrio con el aire atmosférico, la solubilidad del O₂ en el agua aumenta con la reducción de la temperatura y salinidad de agua, así como con la elevación de la presión atmosférica (Boyd, 1998).

El recambio de gases entre agua y aire atmosférico ocurre cuando hay una diferencia de presión de O₂ entre aire y agua. El agua estará saturada de O₂ cuando se alcanza el límite de saturación conocido como concentración de saturación (C_S). Cuando la concentración del O₂ disuelto en el agua (C_M) sea mayor que C_S va a ocurrir difusión de O₂ del agua hacia el aire y va a ocurrir a la inversa cuando C_M sea menor que C_S. Para saber si el agua está debajo o encima del límite de saturación, es necesario que utilizar la siguiente ecuación (Boyd, 1998):

$$\% \text{ saturación O}_2 = \frac{C_M}{C_S} \times 100$$

donde C_S: concentración de O₂ disuelto (mg·l⁻¹) en estado de saturación para la temperatura (°C) y salinidad (mg·l⁻¹) medidas, y C_M: concentración de O₂ disuelto medida (mg·l⁻¹)

La tabla de solubilidad de O₂ en el agua (Boyd, 1998) trae informaciones importantes sobre las relaciones que existen entre O₂, temperatura y salinidad. Una de las informaciones importantes de la tabla es indicar un límite de solubilidad por encima del cual el O₂ empezará a fluir del agua hacia el aire. Además, cuando el suministro de O₂ esté por encima del límite de saturación durante períodos prolongados, se pueden generar condiciones que resultan en una enfermedad conocida como ‘embolia gaseosa’ o ‘enfermedad de las burbujas’ (en inglés, *gas bubble disease*; GBD), que puede provocar burbujas bajo la piel, exoftalmia, burbujas entre los radios de las aletas, burbujas en la membrana mucosa, entre otras patologías, produciendo elevadas mortalidades de los animales sometidos a esas condiciones (Boyd y Ahmad, 1987).

Para la llevar a cabo el suministro de O₂ en acuicultura existen tres métodos de aireación principales (Ghomi *et al.*, 2009; Pasco, 2015):

1) *flujo de agua* (aireadores tipo Venturi): el efecto de auto aspiración de aire o efecto Venturi se basa en los principios del tubo de Venturi, utilizando un eyector que emplea el vacío creado por la conducción forzada para mezclar O_2 con el agua a través de una tubería perpendicular al flujo de agua (Piccin *et al.*, 2010). Por este método la eficiencia media de aireación (SAE) es de 1,1 kgO_2/kWh ;

2) *flujo de aire* (sopladores y compresores tipos blowers): sistema que utiliza sopladores, compresores, tuberías y difusores de aire para conducir aire atmosférico a través de burbujas al medio acuático. Según la ley de Laplace, una burbuja pequeña posee una tensión superficial mayor que una más grande con la misma presión circundante. Por eso, este sistema usa mangueras o discos difusores que van a producir micro o nano-burbujas, aumentando el tiempo de contacto entre burbuja y agua, facilitando la consecuente difusión del aire en la columna de agua. Por este método la SAE media es de 0,8 kgO_2/kWh ;

3) *turbulencia* (aireadores tipo *splash* y de paleta): la aireación de turbulencia usa la relación inversa entre el espesor de los films o películas en la interfase agua-aire y el flujo laminar para transferir gases del aire para el medio acuático. A mayor turbulencia en la superficie del agua, menor va a ser el espesor de las películas que separan agua y aire, facilitando el proceso de transferencia de los gases presentes en el aire atmosférico, en especial el O_2 . Por este método la SAE media de los aireadores '*splash*' es de 2,03 kgO_2/kWh y la SAE media de los aireadores '*paleta*' es de 1,55 kgO_2/kWh .

Los tres métodos de aireación son eficientes y pueden ser empleados de forma complementaria. Los criterios para su empleo deben evaluar si fueron diseñados para condiciones de agua limpias, de cultivo, o para aplicaciones relacionadas con estaciones de tratamiento de agua potable. La mayoría de los aireadores vienen con especificaciones técnicas acerca de la tasa de transferencia de O_2 estándar (SOTR, kgO_2/h) (Boyd y Ahmad, 1987), pero esa tasa de transferencia puede ser modificada por la presión atmosférica, por diferentes condiciones de equilibrio y saturación de agua en los tanques, por temperatura y salinidad. Por eso, es de fundamental importancia la realización de pruebas en condiciones productivas reales para determinación de la tasa de transferencia de O_2 (TTO) de los aireadores en cada situación específica.

Para aireadores del tipo difusores, la ecuación es más sencilla, una vez que hay información sobre la cantidad de aire que está siendo llevado al medio acuático:

$$TTO_{\text{blower}} = \frac{P_{\text{aire}} \cdot O_2 \cdot Q}{1000}$$

Donde TTO_{blower} : tasa de transferencia de O_2 por flujo de aire ($\text{kg } O_2 \cdot \text{h}^{-1}$), P_{aire} : peso de 1 litro de aire atmosférico (1,288g), O_2 : concentración de O_2 presente en el aire atmosférico (21%), y Q : flujo del aire atmosférico ($\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$)

Para sistemas de turbulencia ('*splash*', 'paleta' y 'Venturi'), donde es necesario hacer una medición de la variación de la concentración en el agua, la ecuación es más compleja. Es importante resaltar que, debido al factor de solubilidad del O_2 , los aireadores, en media, son 1,5% menos eficiente por cada grado de aumento de la temperatura:

$$TTO_{\text{difusión}} = \frac{(OD_{\text{Final}} - OD_{\text{Inicial}}) \cdot V}{1.000.000}$$

Donde $TTO_{\text{difusión}}$: tasa de transferencia de O_2 por difusión atmosférica ($\text{kg } O_2 \cdot \text{h}^{-1}$), OD_{Final} : concentración de O_2 disuelto después de 1 h de medición ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), OD_{Inicial} : concentración de O_2 disuelto antes de empezar el teste ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), y V : volumen del reservorio (litros)

Después de definir la TTO para el sistema de aireación escogido, es necesario conocer su eficiencia en relación a su potencia (ESA). La ESA es fundamental para conocer la eficiencia real del sistema y para proyectar la potencia eléctrica necesaria y sus costos de producción relativos a los gastos con energía eléctrica.

$$ESA = \frac{TTO}{POT}$$

Donde ESA: eficiencia del sistema de aireación ($\text{kg } O_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{cv}^{-1}$), TTO : tasa de transferencia de O_2 ($\text{kg } O_2 \cdot \text{h}^{-1}$), y POT : potencia del sistema (cv o HP).

La atención prestada a la cantidad del flujo que va a permitir la formación del floc es muy importante y debe ser establecida para cada caso, tanque por tanque. La información acerca de los diferentes niveles de potencia y de como interactúan con el proceso de floculación trae ventajas, permitiendo determinar el rango de potencia para el óptimo crecimiento de biofloc y el rango de potencia para la producción de flocs de diferentes tallas, una vez que los peces adultos prefieren flocs de mayores tallas, así como los juveniles prefieren flocs de tallas menores (De Schryver et al., 2008).

Para proyectar la cantidad de O_2 necesaria para cada tanque es necesario conocer quiénes son los consumidores de O_2 del tanque. El consumo de O_2 para especies tropicales de peces puede ser determinado por la siguiente ecuación (Kubitza, 1998):

$$\text{COD} = \left(\frac{1.000}{\text{peso}} \right) \cdot (\text{peso})^{0,82}$$

donde COD: consumo de O₂ en mg·h⁻¹·kg⁻¹ de pez, y peso: peso medio de los peces (g).

Los otros consumidores serán los demás organismos presentes en el medio acuático, por ejemplo los bioflocs heterótrofos responsables por convertir N₂ del medio acuático en proteína microbiana y que van a demandar aireación las 24 horas del día. Esa respiración de los organismos es difícil de prever, pero se puede hacer una estimación de la misma apagando el sistema de aireación por una hora y del total de la disminución del O₂ en el tanque, estimar lo que es debido a respiración de los peces. Así, también es posible hacer una previsión sobre cuánto tiempo el sistema soporta sin recibir aireación, como prueba en caso de emergencia.

Hay reportes y pruebas para uso y eficiencia de aireadores '*splash*', '*paletas*', '*Venturi*' y de flujo de aire usando mangueras o discos difusores en cultivos de peces bajo sistemas BFT (Pasco, 2015). Pero para definir cuál es la mejor opción es necesario conocer el sistema que va a ser empleado y sus respectivas características. Los aireadores superficiales ('*splash*' y '*paletas*') son más eficientes para reducir la espesura de los films que hay entre agua y aire, lo cual facilita la difusión del O₂ atmosférico en el medio acuático. Sin embargo, al ser accionados, los sistemas de aireación superficiales rápidamente saturan de O₂ la superficie de agua y en el resto de la columna de agua el incremento de O₂ disuelto acaba ocurriendo de manera muy lenta (Boyd y Ahmad, 1987). Ya los aireadores sub-superficiales ("Venturi" y flujo de aire) son más eficientes para mezclar la columna de agua, considerando la producción ascendente de burbujas, lo cual dificulta la deposición de materia orgánica en el fondo de los tanques, mezclando todos los componentes existentes y permitiendo que no se forman capas que permitan superposición de los flocs. En la literatura se reporta el uso de más de un sistema de aireación por tanque, siempre en busca de una mayor eficiencia en los procesos de suministro de O₂ por caballo de fuerza (HP) y una mejor mezcla de la columna de agua (Crab et al., 2009; Zhen et al., 2013; Correia et al., 2014).

5. RESULTADOS OBTENIDOS CON ESPECIES NATIVAS O EXÓTICAS BAJO LA TECNOLOGIA BFT EN PAÍSES LATINOAMERICANOS.

Después de una búsqueda en publicaciones científicas disponibles en la

internet, fueron encontrados trabajos académicos con 13 especies en 07 diferentes países. La búsqueda se concentró en presentar las especies más importantes para cada país y buscó no usar como referencias trabajos de pregrado o grado. Así, fue posible nombrar para cada país sus respectivas características en relación al que usan como fuentes de carbono, relación C:N y otros aspectos importantes. Con esa búsqueda es posible afirmar que Brasil, Colombia y México son los países latinoamericanos que más producen artículos científicos relacionados al desarrollo de la acuicultura bajo la tecnología biofloc.

En Brasil, fue posible destacar trabajos con cinco especies: *Brycon orbignyanus*, *Colossoma macropomum*, *Litopenaeus vannamei*, *Oreochromis niloticus* y *Rhamdia quelen*. En Colombia, la mayor cantidad de los estudios son con cuatro especies principales: *Astronotus ocellatus*, *Piaractus brachypomus*, *Prochilodus magdalanae* y *Oreochromis niloticus*. Ya en México, las principales especies son las siguientes: *Astronotus ocellatus*, *Carassius auratus*, *Danio rerio*, *Litopenaeus vannamei*, *Oreochromis niloticus* y *Totoaba macdonaldi* (Tabla 05).

Tabla 5: Trabajos con especies acuáticas bajo sistema biofloc en algunos países latinoamericanos

Países	Especies	Fuente de carbono	Relación C:N	Autores
Brasil	<i>Brycon orbignyanus</i>	harina de maíz + harina de trigo + melaza en polvo	20:1	Sgnaulin et al. (2018)
	<i>Colossoma macropomum</i>	melaza	20:1	Santos (2018)
	<i>Litopenaeus vannamei</i>	melaza y harina de arroz	20:1	Vilani et al. (2016)
	<i>Litopenaeus vannamei</i>	melaza	6:1	Krummenauer et al. (2020)
	<i>Oreochromis niloticus</i>	melaza	20:1	Pasco et al. (2017)
	<i>Rhamdia quelen</i>	dextrosa	20:1	Poli et al. (2015)
Colombia	<i>Astronotus ocellatus</i>	melaza	15:1; 20:1; 25:1	Castillo-Pastuzan et al. (2018)
	<i>Piaractus brachypomus</i> + <i>Oreochromis niloticus</i>	melaza	20:1	Brú-Cordero et al. (2017)
	<i>Piaractus brachypomus</i>	melaza	15:1	Garcés et al. (2017)
	<i>Prochilodus magdalanae</i>	melaza	20:1	Ayazo-Genes et al. (2018)
Cuba	<i>Litopenaeus vannamei</i>	melaza	20:1	Mayorga et al. (2019)
México	<i>Astronotus ocellatus</i> y <i>Danio rerio</i>	café	1% de la biomasa al día	Avilés-Lopez et al. (2017)
	<i>Carassius auratus</i>	melaza, café y moringa	20:1	Castro et al. (2016)

	<i>Litopenaeus vannamei</i>	azúcar	12:1	Moreno-Arias et al. (2018)
	<i>Oreochromis niloticus</i>	melaza y melaza + harina de arroz	20:1	Gutiérrez et al. (2016)
	<i>Totoaba macdonaldi</i>	azúcar	20:1	Venegas (2019)
Perú	<i>Arapaima gigas</i>	azúcar rubia	15:1	Aguilar (2017)
Uruguay	<i>Carassius auratus</i> y <i>Cyprinus carpio</i>	azúcar	20:1	Rudolf y Haedo (2013)
Venezuela	<i>Piaractus brachipomus</i>	melaza	18:1	Abad et al. (2014)

Fonte: Os autores.

La piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) es una especie nativa de los ríos Uruguay y Paraguay, pero está distribuida desde Honduras hasta el río de la Plata, en Argentina. Su producción hay recientemente crecido por cuenta de su interesante desempeño zootécnico y con el objetivo de restablecer los estoques naturales. Sgnaulin et al. (2018) estudiando su comportamiento bajo la tecnología biofloc no encontraron diferencias significativas para la composición centesimal en comparación con el tratamiento de agua clara. Todavía, la tecnología BFT no fue capaz de aumentar su desempeño zootécnico, lo que llevó a presentar resultados estadísticamente más bajos en relación a peso final, biomasa final, productividad, tasa específica de crecimiento y ingestión diaria de alimento.

El tambaqui (*Colossoma macropomum*) es una especie que naturalmente habita las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco. Presenta todas las condiciones necesarias a una especie de suceso en la acuicultura, pues acepta proteína de origen vegetal, posee adaptación a las condiciones de cultivo intensivo y tiene carne de grande valor nutricional, siendo la especie nativa más cultivada en Brasil (Rodrigues, 2014; PeixeBR, 2020). Santos (2018) analizando el efecto de *Bacillus subtilis* en el cultivo de tambaqui bajo la tecnología BFT pudo concluir que los juveniles cultivados bajo ese sistema presentaron una ganancia de peso 50% mayor y menor conversión alimentar aparente en comparación con animales cultivados en agua clara.

El jundiá (*Rhamdia quelen*) es una especie de la orden Siluriformes ampliamente distribuido por las Américas. El crecimiento de su producción se justifica por la gran aceptabilidad de su carne junto al mercado consumidor y por su tolerancia a bajas temperaturas, siendo una especie promisor para regiones donde las temperaturas generalmente son más bajas durante el invierno. Por esas características, Poli et al. (2015) estudiaron el uso de la tecnología biofloc para la producción de larvas. De las cinco diferentes concentraciones de solidos suspendidos

totales (TSS) testadas, los tratamientos más indicados fueron con el uso del TSS entre 200 mg L⁻¹ y 400 mg L⁻¹. En ese tratamiento fue añadido diariamente dextrosa como fuente de carbono orgánico para la proliferación de bacterias heterotróficas y controle del amonio.

El camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) es la especie de camarón más cultivada en el mundo (FAO, 2020). Es natural de la costa leste del Pacífico hasta el Golfo de la California, desde del México hasta la región de Tumbes, norte de Perú (Wakida-Kusunoki et al., 2011). La tecnología BFT es uno de los más promisoros sistemas para el desarrollo sostenible del cultivo de esa especie, ya que requiere una cantidad de agua y de espacio mucho menor que los cultivos tradicionales (Krummenauer et al., 2020). Muchos son los estudios con esa especie en sistema biofloc, todavía podemos destacar algunos principales y más recientes. En Brasil, Vilani et al. (2016) evaluando el efecto de melaza y de la harina de arroz como fuentes de carbono en la calidad de agua y desarrollo del camarón blanco, determinaron que la mayoría de los parámetros de calidad de agua no presentaron diferencias estadísticas y recomendaron que la harina de arroz puede ser usada como fuente de carbono, proporcionando una mayor biomasa final y menor factor de conversión alimenticia (FCA). Ya en reciente trabajo mexicano, Moreno-Arias et al. (2018) evaluaron el efecto de la adición de la harina de pescado en los perfiles de aminoácidos y ácidos grasos de las dietas, del biofloc y de camarones cultivados en baja salinidad (5‰). Al final de ese experimento, los parámetros productivos no presentaron diferencias significativas, pero fue posible afirmar que el biofloc puede proveer proteína de alta calidad y ácidos grasos esenciales *in situ* para compensar una sustitución parcial de la harina de pescado en las dietas para camarón blanco del Pacífico. Nuevamente en Brasil, en uno de los estudios más recientes producidos por la FURG (Universidade Federal do Rio Grande, una de las instituciones que más producen artículos científicos, con el sistema BFT, en todo el mundo), Krummenauer et al. (2020) estudiaron la relación entre el tamaño del camarón y la importancia del biofloc para su nutrición. Al final del experimento, afirmaron que existe una relación proporcional entre el tamaño del floc y el tamaño de los camarones, o sea hay un mayor consumo de flocs por parte de los camarones mayores en comparación con animales que están en la etapa de crecimiento larvario.

Otra especie que posee una gran importancia para los estudios con la tecnología biofloc es la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y algunos de sus

híbridos. Tilapia es un nombre genérico para un grupo de peces cíclidos naturalmente nativos del Oriente Medio y continente africano (Wang y Lu, 2016). Hoy en día, es la tercera especie más cultivada por la acuicultura mundial (FAO, 2020), siendo una de las especies, así como el camarón blanco, más usadas para estudios bajo la tecnología biofloc en toda la América Latina. En México, durante estudios para la comparación microbiana entre biofloc producido de diferentes fuentes de carbono, Gutiérrez et al. (2016) afirmaron que las bacterias heterotróficas y probióticas, con sus respectivas exoenzimas y polímeros, de la tecnología BFT producen un medio de competición por exclusión que crean un ambiente hostil para microorganismos patogénicos para peces y camarones, principalmente de los géneros *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Enterobacter*, *Klebsiella*. En el mismo año, Pasco et al. (2017) testaron dos sistemas diferentes de aireación para producción de tilapia (peso inicial = 100 g) con uso de sistema biofloc en baja salinidad (4,0 ‰). Al final de ese período experimental, los estanques que tenían aireadores “*splash*” presentaron mayor concentración de OD y saturación de oxígeno, mayor sobrevivencia y productividad (kg mg^{-3}) en comparación con el sistema de aireación tradicional del tipo “*blower*” con mangueras polidifusoras. Ya en un trabajo conducido en el Instituto CINPIC, ubicado en Montería (Colombia), Brú-Cordero et al. (2017) evaluaron el desempeño productivo de la tilapia nilótica en policultivo con la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) alimentadas con tres niveles distintos de proteína bruta (PB) en la salinidad del agua de 3,0 ‰ bajo el sistema BFT (proporción 1:1; cachama:tilapia). Con el fin del experimento, los autores afirmaron, principalmente, lo siguiente: 1) que el nivel del análisis proximal de los flocs registró niveles entre 29-36% de PB; 2) que 24% de PB es lo más indicado para el policultivo con esas dos especies bajo la tecnología biofloc; 3) pero con 16% de PB ya es posible cultivar la cachama blanca sin pérdidas significativas en relación a la productividad.

Esa especie anteriormente citada, la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), es considerada la tercera mayor especie de escama de la Amazonía y naturalmente encontrada en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco (Ribeiro et al., 2016). En 2017, fue realizado, en Colombia, trabajo de comparación entre el uso de la tecnología biofloc y el uso del sistema intensivo de renovación de agua para el cultivo de la cachama blanca. Al final de ese estudio fue posible identificar algunos resultados importantes: 1) valores de amonio total y nitrito fueron más bajos en el tratamiento con BFT; 2) el desempeño productivo de la especie fue semejante entre

los dos sistemas; 3) el cultivo de la cachama blanca es más eficiente bajo la tecnología BFT, una vez que es posible manejar las mismas densidades, pero con la optimización del recurso hídrico, manteniendo la calidad de agua en los rangos ideales para la especie (Garcés et al., 2017).

Otra especie muy importante para la acuicultura colombiana es el bocachico (*Prochilodus magdalanæ*). Presente naturalmente en las cuencas del río Sinú, Cauca, Magdalena y Catatumbo (Hernández et al., 2017), esa especie es la cuarta más cultivada del país y la principal de la pesquería continental en Colombia (Ayazo-Genes et al., 2018). Estudio que objetivó analizar el desempeño productivo de esa especie bajo la tecnología biofloc durante la fase de pre-engorde (peso inicial = $1,6 \pm 0,2$ g) concluyó que esa fase debe ser realizada con densidades iniciales entre 5 y 10 peces por metro cúbico de agua (Ayazo-Genes et al., 2018).

En relación a especies ornamentales, también es importante destacar algunas especies, como es el caso del óscar (*Astronotus ocellatus*). Esa especie puede ser naturalmente encontrada en algunos países de la Sudamérica, como Argentina, Brasil, Colombia y Perú (Avilés-Lopez et al., 2017). En Colombia, Castillo-Pastuzan et al. (2018) realizaron experimento que tuvo como objetivo evaluar el crecimiento de alevinos de óscar sometidos a tres diferentes relaciones C:N en acuarios de 50 L, 20 peces por acuario. Al final del período experimental, los autores concluyeron que una relación de 15:1 ya es suficiente para mantener la calidad del agua en los rangos ideales para el cultivo de la especie. Ya en México, Aviles-Lopez et al. (2017) estudiaron, durante 120 días, el crecimiento del óscar juntamente con otra especie muy importante para la acuicultura ornamental: el “zebrafish” (*Danio rerio*). Los resultados demostraron que la dieta enriquecida con alimento vivo + bacterias heterotróficas extraídas de un estanque de cultivo de tilapias bajo la tecnología BFT es más eficiente para el crecimiento de las especies estudiadas que el suministro de alimento comercial en un ambiente acuático donde hay biofloc formados.

El zebrafish (*Danio rerio*) es un ciprínido natural de regiones tropicales de Asia. Sobre el zebrafish también es importante destacar que, hoy en día, posee un papel de destaque en estudios que envuelven el monitoreo ambiental y la toxicidad de sustancias como metales pesados, compuestos carcinogénicos y investigaciones genotóxicas (Castro et al., 2018).

Otra especie importante para el mercado de peces ornamentales y que tiene un estudio desarrollado bajo la tecnología biofloc es el kingio o pez dorado (*Carassius*

auratus). El pez dorado pertenece a la familia Cyprinidae y es naturalmente originario de China. Fue una de las primeras especies domesticadas por el hombre (Scotto, 2017). Durante el experimento del cultivo del pez dorado, Castro et al. (2016) determinaron que los tratamientos con moringa y café no presentaron los mejores resultados de crecimiento en peso y de longitud corporal, siendo lo más indicado la melaza, como fuente de carbono, para el cultivo del pez dorado bajo la tecnología BFT.

También es interesante decir que ya se han realizado experimentos con una especie marina de pez carnívoro bastante importante para el sector pesquero mexicano. La totoaba (*Totoaba macdonaldi*) es un pez que puede llegar hasta los 130 kg y su gran relevancia es debido a algo muy peculiar: suya vejiga natatoria. Endémica del Golfo de California (mar de Cortés), esa vejiga (también conocida como “buche”) posee alto valor en los mercados negros asiáticos, principalmente en China, lo que llevó a la especie entrar en la lista CITES como especie críticamente en peligro de extinción (Giffard-Mena et al., 2020). Para el cultivo de la totoaba, Venegas (2019) determinó que, a pesar de que los niveles de nitrito y amonio total sean mejores en el ambiente acuático bajo la tecnología BFT, pero el crecimiento de la totoaba es mayor en un ambiente bajo sistema de recirculación de agua limpia con RAS.

Los otros países que aparecieron en la búsqueda digital de trabajos que usaban la tecnología biofloc en la acuicultura fueron: Cuba, Perú, Uruguay y Venezuela. En Cuba, Mayorga et al. (2019) estudiaron la composición bromatológica y aminoacídica del biofloc presente en un cultivo del camarón blanco del Pacífico *L. vannamei*, encontrando una alta cantidad de proteína bruta (36,5%), alto valor de cenizas (33,3%) y índice de aminoácidos esenciales (EAAI = 0,89) que lo clasifica como material proteico útil y balanceado para el cultivo del camarón.

Ya en Perú, Aguilar (2017) comparó la actividad enzimática digestiva y los parámetros productivos del pirarucu, también conocido como paiche (*Arapaima gigas*), cultivado en sistema BFT y en unidades experimentales con recambio de agua. Esa especie es la más grande del mundo en agua dulce y es nativa de la cuenca del río Amazonas. Los resultados no demostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos para los parámetros productivos, pero fueron importantes para demostrar la presencia de enzimas exógenas (proteasas, lipasas y amilasas) en el agua del cultivo que usó la tecnología biofloc para el desarrollo productivo de la especie.

En Uruguay, Rudolf y Haedo (2013) analizaron los parámetros productivos del cultivo del pez dorado (*Carassius auratus*) y de la carpa común (*Cyprinus carpio*) bajo el uso de tres diferentes sistemas: BFT, RAS y tradicional (sólo con aireación). Al final del periodo experimental fue posible decir que el sistema BFT es tan eficiente cuanto los demás sistemas, pero más recomendable porque no necesita de recambios continuos de agua y también por tener contribuido para el mayor peso y longitud en el pez dorado y mayor longitud en las carpas. La carpa común es una especie naturalmente encontrada en una región que cubre extensa área entre el este europeo hasta China, pero hoy en día ya puede ser encontrada en todos los continentes (Maiztegui et al., 2016), siendo la cuarta especie más cultivada en todo el mundo (FAO, 2020).

Y por fin, en Venezuela, Abad et al. (2014) determinaron el crecimiento y el rendimiento corporal de la cachama blanca, también conocida en aquel país como “morocoto”, en ambiente de cultivo bajo la tecnología biofloc, durante 210 días. Los resultados de crecimiento alcanzados por la cachama blanca en ese sistema, sin renovación de agua, fueron muy parecidos a los atingidos por esos animales cuando cultivados en jaulas flotantes, demostrando total viabilidad zootécnica para la acuicultura de esa especie en el sistema BFT.

6. CONCLUSIONES

Para enfrentar los desafíos cada vez mayores de producir alimentos menos costosos, en menos tiempo y considerando parámetros de rastreabilidad y sustentabilidad, la tecnología biofloc o BFT sigue ganando espacio frente al cultivo tradicional. Mientras los sistemas tradicionales usan grandes extensiones de tierras y gran volumen hídrico, produciendo una gran cantidad de residuos y efluentes, los sistemas BFT facilitan la ejecución de un cultivo más racional y que busca una gestión con mayor bioseguridad. La reducción de los costos de la alimentación y el valor nutricional de los bioflocs también es algo fundamental y que mucho contribuye para la propagación de la tecnología BFT en las regiones y países donde aún no es usada comúnmente.

REFERENCIAS

- ABAD, D.; RINCÓN, D.; POLEO, G. Índices de rendimiento corporal en morocoto *Piaractus brachypomus* cultivado en sistemas Biofloc. **Zootecnia Tropical**, v.32, n.2, p.119-130, 2014.
- AGUILAR, R.M.M. **Influencia del sistema biofloc sobre la actividad enzimática digestiva y los parámetros productivos de juveniles de paiche (*Arapaima gigas*)**. 143 f. Tesis (Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 2017.
- AHMAD, I. et al. Biofloc technology: an emerging avenue in aquatic animal healthcare and nutrition. **Aquaculture International**, v. 25, p.1215-1226, 2017.
- AVILÉS-LOPEZ, J.A. et al. Comparison of weight gain of *Astronotus ocellatus* and *Danio rerio* cultured directly in Biofloc system and live food diet enriched with heterotrophic bacteria. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v.5, n.5, p.372-377, 2017.
- AVNIMELECH, Y. Carbon and nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, p.227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, p.140-147, 2007.
- AYAZO-GENES, J.E. et al. Desempeño de bocachico *Prochilodus magdalenae* en sistemas intensivos de producción con tecnología biofloc. **Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, v.16, n.1, 2018.
- AZIM, M.; LITTLE, D.C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 283, p.29-35, 2008.
- BAKAR, N.S.A. et al. Optimization of C/N ratios for nutrient removal in aquaculture system culturing African catfish, (*Clarias gariepinus*) utilizing Bioflocs Technology. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.102, p.100-106, 2015.
- BALLESTER, E.L.C. et al. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, v.16, p.163-172, 2010.
- BROL, J. et al. Tecnologia de bioflocos (BFT) no desempenho zootecnico de tilapias: efeito da linhagem e densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia**, v.66, n.254, p.229-235, 2017.
- BRÚ-CORDERO, S.B. et al. Bicultivo en biofloc de cachama blanca -*Piaractus brachypomus*- y tilapia nilótica -*Oreochromis niloticus*- alimentadas con dietas de origen vegetal. **Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia**, v.64, n.1, p.44-60, 2017.
- BOSSIER, P.; EKASARI, J. Biofloc technology application in aquaculture to support sustainable development goals. **Microbial Biotechnology**, v.10, p.1012-1016, 2017.
- BOYD, C.E.; AHMAD, T. **Evaluation of Aerators for Channel Catfish Farming**. Auburn, EUA: Auburn University, 52 p., 1987.
- BOYD, C.E. **Water Quality for Aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station,

Auburn, EUA: Auburn University, 39 p., 1998.

BOYD, C.E. **Water quality: an introduction**. Switzerland: Springer, 374p., 2015.

CASTILLO-PASTUZAN, E.A. et al. Comportamiento productivo de alevinos de óscar (*Astronotus ocellatus*) en biofloc con diferentes relaciones carbono:nitrógeno. **Revista Investigación Pecuaria**, v.5, n.1, p.45-58, 2018.

CASTRO, M.G. et al. Length, weight and condition factor comparison of *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) juveniles cultured in biofloc system. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v.4, n.6, 2016.

CASTRO, T.F.D. et al. Anxiety-associated behavior and genotoxicity found in adult *Danio rerio* exposed to tebuconazole-based commercial product. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v.62, p.140-146, 2018.

CORREIA, E.S. et al. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. **Aquaculture Engineering**, v.59, p.48-54, 2014.

CRAB, R. et al. Bioflocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquaculture Engineering**, v.40, p.105-112, 2009.

CRAIG, S.; HELFRICH, L.A. **Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding**. Petersburg, EUA: Virginia State University, Publication 420-256, 4 p., 2017.

DE SCHRYVER, P. et al. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, v.277, p.125-137, 2008.

EKASARI, J. et al. Biofloc technology application in African catfish fingerling production: The effects on the reproductive performance of broodstock and the quality of eggs and larvae. **Aquaculture**, v.464, p.349-356, 2016.

EMERENCIANO, M. et al. Biofloc Technology (BFT): A review for aquaculture application and animal food industry. En MATOVIC, M.D. (2013) **Biomass Now - Cultivation and Utilization**. InTech Online, p. 301-328, 2013.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture - Meeting the Sustainable Development Goals**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 227 p., 2018.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture – Sustainability in action**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 224 p., 2020.

FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. **Nutriaqua: Nutrição e Alimentação de Espécies de Interesses para a Aquicultura Brasileira**. Florianópolis, Brasil: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 375 p., 2013.

GANDINI, F.A. **Avaliação do Resíduo de Cervejaria e Outras Fontes de Carboidratos para o Sistema de Bioflocos e o Crescimento do Camarão Branco, *Litopenaeus vannamei***. 49 f. Tesis (Doctorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.

GANDINI, F.A. et al. Avaliação de diferentes fontes de carboidratos para o sistema de bioflocos e crescimento do camarão branco. **Boletim do Instituto da Pesca**, v.42, p.831-

843, 2016.

GAONA, C.A.P. et al. Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. **Aquaculture Research**, p. 1-10, 2015.

GARCÉS, S.C.C. et al. Biofloc effect on juveniles cachama blanca *Piaractus brachypomus* growth parameters. **Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia**, v.12, n.3, p.170-180, 2017.

GHOMI, M.R. et al. An experimental study of nozzle diameters, aeration depths and angles on standard aeration efficiency (SAE) in a venturi aerator. **Water Practice & Technology**, v.4, n.3, p. 1-8, 2009.

GIFFARD-MENA, I. et al. Effects of salinity on survival and plasma osmolarity of *Totoaba macdonaldi* eggs, larvae, and juveniles. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 526, p. 1-7, 2020.

GUTIÉRREZ, S.M. et al. Effect of two carbon sources in microbial abundance in a Biofloc culture system with *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v.4, n.3, p.421-427, 2016.

HOPKINS, J.S. et al. Effect of two protein levels and feed rate combinations on water quality and production of intensive shrimp ponds operated without water Exchange. **Journal of World Aquaculture Society**, v.26, p.93-97, 1995.

HERNÁNDEZ, D.H. et al. Diversidad genética del bocachico *Prochilodus magdalenae* en el departamento de Sucre. **Revista Colombiana de Ciencia Animal**, v.9, (supl.), p.99-106, 2017.

JIANG, J. et al. Screening of a high bioflocculant-producing bacterial strain from an intensive fish pond and comparison of the bioflocculation effects with *Rhodococcus erythropolis*. **Aquaculture Research**, v.50, p.1047-1056, 2019.

JIMÉNEZ-OJEDA, Y.K. et al. Dynamics and use of nitrogen in biofloc technology – BFT. **AACL Bioflux**, v.11, n.4, 2018.

KRUMMENAUER, D. et al. The relationship between shrimp (*Litopenaeus vannamei*) size and biofloc consumption determined by the stable isotope technique. **Aquaculture**, v.529, 2020.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes – Parte III (Final). **Panorama da Aquicultura**, v.8, n.47, p.35-39, 1998.

KUBITZA, F. Criação de tilápias em sistemas de bioflocos sem renovação de água. **Panorama da Aquicultura**, v. 21, n. 125, p. 14-23, 2011.

LEKANG, O.I. **Aquacultural Engineering**. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, 433 p., 2013.

LUO, G. et al. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. **Aquaculture**, v.422-423, p.1-7, 2014.

MAIZTEGUI, T. et al. Invasion status of the common carp *Cyprinus carpio* in inland waters of Argentina. **Journal of Fish Biology**, v.89, p.417-430, 2016.

MAYORGA, E.I. et al. Nutritional characterization of biofloc developed with water from the Ecuadorian Pacific for growing *Litopenaeus vannamei*. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v.53, n.4, 2019.

MORENO-ARIAS, A. et al. Effect of fishmeal replacement with a vegetable protein mixture on the amino acid and fatty acid profiles of diets, biofloc and shrimp cultured in BFT system. **Aquaculture**, v.483, p.53-62, 2018.

PASCO, J.J.M. **Aeração em cultivos superintensivos de tilápias *Oreochromis niloticus*, em bioflocos e com troca mínima de água**. 120 f. Tesis (Doctorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2015.

PASCO, J.J.M. et al. Production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* grown in BFT using two aeration systems. **Aquaculture Research**, p.1-10, 2017.

PEIXEBR. **Anuário 2020 – Peixe BR da Piscicultura**. São Paulo: Associação Brasileira da Piscicultura, 136 p., 2020.

PICCIN, J.S. et al. Otimização de sistema de autoaspiração de ar tipo Venturi para tratamento de água ferruginosa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.531-537, 2010.

POLI, M.A. et al. The use of biofloc technology in a South American catfish (*Rhamdia quelen*) hatchery: Effect of suspended solids in the performance of larvae. **Aquacultural Engineering**, v.66, p.17-21. 2015.

RIBEIRO, F.M. et al. Alimentação e nutrição de pirapitinga (*Piaractus brachipomums*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*): revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.10, n.12, p.873-882, 2016.

RIGHETTI, J.S. et al. Redução da proteína em dietas para tilápias-do-nilo por meio da suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.469-476, 2011.

RODRIGUES, A.P.O. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim do Instituto da Pesca**, v.40, n.1, p.135-145, 2014.

RUDOLF, J.C.D.; HAEDO, C.A.D.G. **Crecimiento y sobrevivencia de carpa común (*Cyprinus carpio*) y carassius (*Carassius auratus*) (*Osteichthys*, *Cyprinidae*) en un sistema super intensivo con aplicación de biofloc, comparando con sistema de filtro biológico y sistema tradicional con aireación**. 45 f. Tesis (Grado de Doctor en Ciencias Veterinarias). Universidad de La República, Montevideo, Uruguay, 2013.

SANTOS, D.K.M. ***Bacillus subtilis* na criação de tambaqui em sistema de bioflocos**. 52f. Tesis (Maestría). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil, 2018.

SCOTTO, C. Relación comercial entre el incremento del peso y la longitud corporal del pez dorado de la variedad perla (*Carassius auratus*) (Linnaeus, 1758) en condiciones controladas de crianza en estanques. **The Biologist (Lima)**, v.15, n.2, p.379-386, 2017.

SEARS, K. et al. Density and activity characterization of activated sludge flocs. **Journal of Environmental Engineering**, v. 132, p. 1235-1242, 2006.

SGNAULIN, T. et al. Biofloc technology (BFT): An alternative aquaculture system for piracanjuba *Brycon orbignyanus*? **Aquaculture**, v.485, p.119-123, 2018.

SILVA, U.L. et al. Efeito da adição do melaço na relação carbono/nitrogênio no cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário. **Acta Scientiarum**, v.31, p.337-343, 2009.

SILVA, A.F. et al. Efeito das altas densidades de estocagem no crescimento e sobrevivência de *Litopenaeus vannamei* na fase final de engorda, cultivados em sistemas de bioflocos (BFT). **Ciência Animal Brasileira**, v. 14, p. 279-287, 2013.

SILVA, M.A. **Níveis de proteína bruta em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivada em sistema de bioflocos em duas fases de crescimento**. 84 f. Tesis (Doctorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2016.

SILVA, U.L. et al. Carbon sources and C:N ratios on water quality for Nile tilapia farming in biofloc system. **Caatinga**, v.30, p.1017-1027, 2017.

SONODA, D.Y. et al. Modelo de preço de ração para peixe no período de 2001 a 2015. **iPecege**, v.2, n.3, p.57-71, 2016.

TAW, N. Biofloc technology expanding at white shrimp farms. **Global Advocate**, v. may/June, p.24-26, 2010.

WAKIDA-KUSUNOKI, A.T. et al. Presence of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in the Southern Gulf of Mexico. **Aquatic Invasions**, v.6, n.1, p.S139-S142, 2011.

WANG, M; LU, M. Tilapia polyculture: a global review. **Aquaculture Research**, v.47, p.2363-2374, 2016.

UN. **The World Population Situation in 2014: A Concise Report**. Department of Economic and Social Affairs. Nueva York, EUA: United Nations, 38 p., 2014.

VAN RIJN, J.; RIVERA, G. Aerobic and anaerobic biofiltration in an aquaculture unit-nitrite accumulation as a result of nitrification and denitrification. **Aquaculture Engineering**, v.9, p. 217-234, 1990.

VENEGAS, A.O.A. **Aplicación de la tecnología de biofloc (BFT) al cultivo de *Totoaba macdonaldi***. 73 f. Tesis (Maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 2019.

VILANI, F.G. et al. Strategies for water preparation in a biofloc system: effects of carbon source and fertilization dose on water quality and shrimp performance. **Aquaculture Engineering**, v.74, p.70-75, 2016.

VINATEA-ARANA, L. **Princípios Químicos de Qualidade da Água em Aquicultura: Uma Revisão para Peixes e Camarões**. Florianópolis, Brasil: UFSC, 2 ed., 231 p., 2004.

ZHEN, M.A. et al. The effect of three culture methods on intensive culture system of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Journal of Ocean University of China**, v.12, p.434-440, 2013.

CAPÍTULO 23

POTENCIALIDADES AGROINDUSTRIAL E MULTIFUNCIONAL DE *Anacardium occidentale* LINN. (ANACARDIACEAE).

Leonardo Bruno Aragão de Araújo

Doutorando do Programa de Biotecnologia da Rede RENORBIO/UFRN

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Endereço: Departamento de Bioquímica, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, (RENORBIO), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 59072-970, Natal, RN, Brasil.

E-mail: leobiubao@yahoo.com.br

Gineide Conceição dos Anjos

Doutora em Ciências e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Instituição: Universidade Potiguar (UNP)

Endereço: Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Potiguar Laureate International Universities, Campus Salgado Filho, 59075-000, Natal, RN.

E-mail: gineideanjos@hotmail.com

Heryka Myrna Maia Ramalho

Doutora em Ciências Farmacêuticas pela Universidade do Porto - Portugal

Instituição: Universidade Potiguar

Endereço: Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Potiguar Laureate International Universities, Campus Salgado Filho, 59075-000, Natal, RN.

E-mail: herykamyrna@gmail.com

Maria Aparecida Medeiros Maciel

Doutora em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituição 1: Universidade Potiguar

Endereço: Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Potiguar Laureate International Universities, Campus Salgado Filho, 59075-000, Natal, RN.

Instituição 2: Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Endereço: Departamento de Bioquímica, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, (RENORBIO), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 59072-970, Natal, RN, Brasil.

E-mail: mammaciел@hotmail.com

RESUMO: A espécie *Anacardium occidentale* Linn. (Anacardiaceae), conhecida popularmente como cajueiro, é considerada uma das árvores frutíferas mais importantes da humanidade devido a ampla comercialização de seus produtos: a castanha, o líquido da casca da castanha e o caju (pedúnculo de caju). Extensivo ao valor agrônômico que desempenha em todo o mundo, os produtos de *A. occidentale* são extremamente importantes para o setor agrícola do Brasil.

Em todo o mundo, o Brasil representa uma das principais potências para assumir a liderança no aproveitamento de biomassas vegetais, em função de ser um dos maiores geradores de resíduos agroindustriais, dentre os quais destaca-se o bagaço

do caju que tem amplo potencial como matéria-prima regional para gerar novos materiais desenvolvidos nos setores industriais químico, farmacológico e agrônomo. Com relação a inovação de produtos alimentícios destaca-se a produção de alimentos com valor nutricional superior ao alimento *in natura*, pela possibilidade do aproveitamento integral de biomassas vegetais. No setor farmacêutico, a resistência à certos medicamentos para o tratamento de enfermidade, impulsiona o interesse acadêmico para utilização de agentes naturais. Desta forma, o presente artigo de revisão destaca as oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial, buscando motivar novas pesquisas biotecnológicas.

PALAVRAS-CHAVE: *Anacardium occidentale* Linn.; desenvolvimento sustentável; agronegócios; biotecnologia.

ABSTRACT: The species *Anacardium occidentale* Linn. (Anacardiaceae), popularly known as cashew, is considered one of the most important fruit trees of the humanity due to the wide commercialization of its products, such as: chestnut, chestnut bark liquid and cashew (cashew peduncle). Extended to the *A. occidentale* agronomic value worldwide, its products are extremely important for the Brazil's agricultural sector. In fact, throughout the world, Brazil represents one of the main powers countries to become a leader in the application of plant biomass, due to being one of the largest generators of agro-industrial waste, among which stands out the cashew bagasse that has broad potential as a regional raw material to generate novel materials developed in the chemical, pharmacological and agronomic industrial sectors. Regarding to the food innovation products, the generation of foods with a nutritional value higher than the target *in natura* source stands out, due to the possibility of the whole use of plant biomass. Meanwhile, in the pharmaceutical sector, the resistance to certain drugs for the treatment of disease motivates the academic interest in the use of natural agents. Thus, this topical paper, focusing in the green source *A. occidentale* Linn., highlights some opportunities and challenges in the context of industrial development and sustainability, seeking to motivate new biotechnological researches.

KEYWORDS: *Anacardium occidentale* Linn.; sustainable development; agribusiness; biotechnology.

1. INTRODUÇÃO

Anacardium occidentale Linn., popularmente conhecido como cajueiro, é uma planta de clima tropical, nativa das regiões norte e nordeste do Brasil e da América do Sul, com amplo cultivo nos trópicos das Américas, África e Ásia. O cajueiro gigante é o mais difundido (atinge entre 8 a 15m) com floração entre o terceiro e quinto ano de idade. A variedade denominada de cajueiro anão tem altura inferior a 4m. O fruto do cajueiro é constituído pela castanha (considerada como sendo o fruto da planta) e o pseudofruto, chamado cientificamente de pedúnculo floral, que é a parte do vegetal, comumente comercializada como sendo a fruta do cajueiro (CARTAXO et al., 2010; MONTENEGRO, et al., 2003; VAUGHAN et al.,1997).

Neste cenário, a região Nordeste e a Amazônia do Brasil, são citados como sendo o berço de diferentes espécies do gênero *Anacardium* que se irradiaram para o resto do mundo. O cajueiro, o representante mais difundido deste gênero, é uma árvore rústica, nativa da zona arenosa litorânea de campos e dunas do Nordeste do Brasil, e se estende até o baixo Amazonas (MONTENEGRO, et al., 2003; VAUGHAN et al.,1997; SILVA; TASSARA, 1996). Historicamente, o nome caju tem origem tupi "acá-iu", que significa fruto amarelo. Neste contexto, os indígenas de fala tupi, habitantes autoctones da região Nordeste, eram profundos conhecedores dos benefícios do caju e faziam dele um de seus mais completos e importantes alimentos (SILVA; TASSARA, 1996; LIMA, 1988).

De acordo com dados da Food and Agriculture Organization (FAO, 2008) os principais países produtores de castanha de caju são Vietnã, Nigéria, Índia e Brasil. Na década passada, estimou-se que o cultivo de caju ocupava no mundo inteiro, cerca de 700.000 hectares com uma produção de castanha de caju da ordem de 280.000 toneladas/ano. Apesar da falta de infraestrutura apropriada para utilização do caju, a espécie *A. occidentale* L. tem grande importância socioeconômica, e a exploração de aproximadamente 758.085 hectares de cajueiros, por exemplo, proporciona uma produção significativa de castanha (220.505 t) e pedúnculo (1.592.530 t), com mobilização de cerca de 300 mil trabalhadores (FAO, 2011; IBGE, 2010). No Brasil, os três estados de maior produção da castanha do caju são Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, com valores que variam entre 84% e 98% (DE BRITO et al., 2007; IBGE, 2012; SANTOS et al., 2018).

Em função da espécie *A. occidentale* L. fazer parte das nossas pesquisas biotecnológicas, bem como pelo elevado valor agrônomo que desempenha em todo

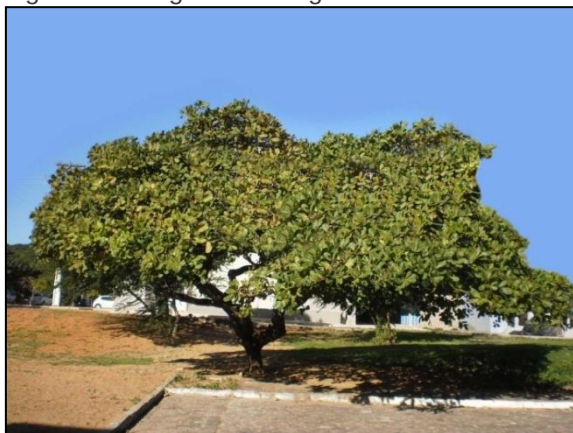
o mundo, no presente capítulo de revisão, destacamos seu potencial como matéria-prima regional para gerar novos materiais sustentáveis com aplicação nos setores industriais químico, farmacológico e agrônomo.

2. ABORDAGEM BOTÂNICA DE *Anacardium occidentale* LINN.

Anacardium occidentale Linn. (Figura 1, fonte própria) apresenta sua classificação taxonômica da seguinte forma: **i)** gênero: *Anacardium*; **ii)** espécie: *Anacardium occidentale* Linn.; **iii)** família: Anacardiaceae; **iv)** ordem: Sapindales; **v)** classe: Magnoliopsida; **vi)** divisão: Magnoliophyta; **vii)** filo: Tracheophyta; **viii)** reino: Plantae (SANTOS, 2011).

A família Anacardiaceae, inclui árvores e arbustos tropicais e subtropicais, compreende cerca de 60 a 70 gêneros e 400 a 600 espécies. Das 21 espécies de cajueiro identificadas, apenas três não são encontradas no Brasil (BARROS et al., 2002; SANTOS, 2011). O cajueiro é uma árvore frutífera perene, que pode atingir altura de até 15m, com troncos tortuosos e grossos, e apresenta ramificações baixas. Sua copa tem formato semelhante a um guarda-chuva, com ramificações que podem atingir o solo. O sistema radicular é caracterizado por uma raiz pivotante. As folhas são inteiras, alternadas, simples, pecioladas e sem estípulas. As flores crescem na extremidade de um ramo ou tronco. Algumas plantas apresentam flores bissexuais e masculinas ou flores bissexuais e femininas (PAULINO, 1992; RAMOS et al., 2016; OLIVEIRA, 2016).

Figura 1: Fotografia do vegetal *Anacardium occidentale* L.



Fonte: Os autores.

A castanha de caju (fruto do cajueiro) é um aquênio drupa reniforme, de comprimento e largura variável, casca coriácea lisa, mesocarpo alveolado, repleto de

um líquido escuro, denominado de líquido da casca da castanha do caju. A amêndoa, parte mais interna da castanha que corresponde a parte comestível do fruto, é constituída de dois cotilédones carnosos e oleosos (MAZZETTO et al, 2009; SOUZA FILHO, 2017). A castanha se liga à planta por meio de um pedúnculo floral hiperatrofiado, que muitas vezes, de forma equivocada, é chamado de fruto, sendo este, de fato, o pseudofruto. O pedúnculo (Figura 2), encontrado nas cores amarelo, laranja e vermelho, é fibroso e altamente succulento, com uma casca macia e diferente da castanha do caju, não contém nozes nem sementes (SOUZA FILHO, 2018; NAM et al., 2014; GARRUTI et al., 2006; ASSUNÇÃO; MERCADANTE, 2003).

Figura 2: Fotos do pseudofruto de *Anacardium occidentale* Linn.



A – Variedade vermelha

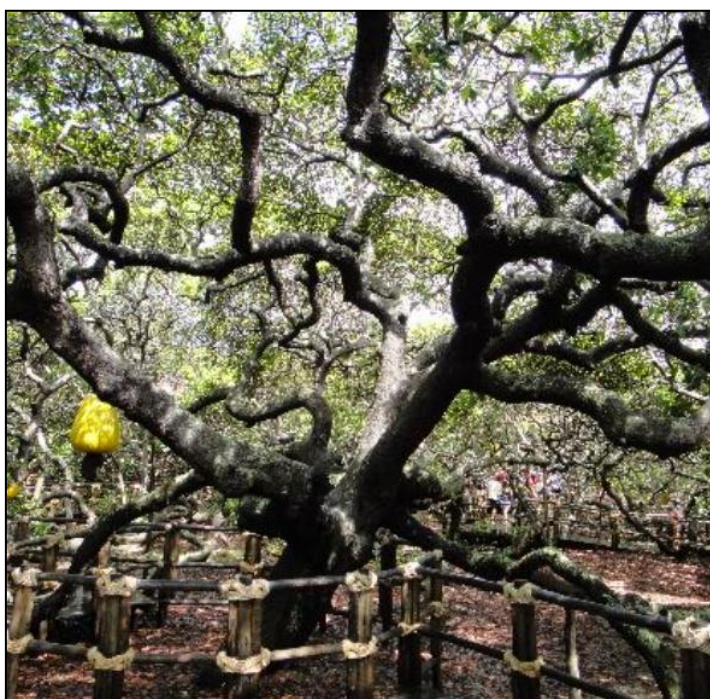


B – Variedade amarela

Fonte: NAM et al. 2014.

Destacando uma anomalia da espécie *A. occidentale* L., no Rio Grande do Norte encontra-se o maior cajueiro do mundo (fotos destacadas na Figura 3), popularmente conhecido como cajueiro de Pirangi, por estar localizado na praia de Pirangi do Norte, no município de Parnamirim, a doze quilômetros ao sul de Natal (RN). A árvore cobre uma área de aproximadamente 8500m², com um perímetro de aproximadamente 500m e produz cerca de 70 a 80 mil caju na safra (2,5 t). Há relatos de que o cajueiro teria sido plantado em 1888 por um pescador chamado Luís Inácio de Oliveira, que faleceu aos 93 anos de idade, sob as sombras do cajueiro (wikipedia.org/wiki/Maior_cajueiro_do_mundo; omaiorcajueirodomundo.com).

Figura 3: Fotos do maior cajueiro do mundo, localizado em Parnamirim (RN).



Fonte: omaiorcajueirodomundo.com -
Essa foto de Cajueiro de Pirangi é cortesia do TripAdvisor.

3. ABORDAGEM ETNOFARMACOLÓGICA DE *Anacardium occidentale* LINN.

No mundo inteiro o conhecimento sobre plantas medicinais simboliza muitas vezes o único recurso terapêutico de muitas comunidades e grupos étnicos. O Brasil, por possuir a maior diversidade vegetal do planeta, apresenta uma demanda crescente de informações sobre plantas medicinais. Através de programas de saúde

pública como o SUS (Sistema Único de Saúde) observa-se o empenho em se manter o uso medicinal tradicional de vegetais. No entanto, a utilização indevida de algumas espécies vegetais pode causar efeitos deletérios à saúde humana, como por exemplo hepatite tóxica (MACIEL et al., 2002; SOARES, 2004; VEIGA Jr. et al., 2005).

Contribuindo com o uso crescente de fitoterápicos surge a biotecnologia que possibilita a melhoria do uso milenar da medicina tradicional, de modo que o poder curativo e nutritivo de plantas medicinais seja melhor aproveitado (MACIEL et al., 2014; 2002). Neste contexto, destaca-se a espécie medicinal *A. occidentale* Linn., que se encontra incluída na lista de plantas do SUS (RENISUS: Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde), em função do amplo descritivo de sua bioatividade, tais como: diurético, vermífugo, antitérmico, antielmíntico, antidiarréico, antiemorrágico, anti-inflamatório, antireumático, hipoglicêmico, hipolipidêmico, antiulcerogênico, antidiabético, antitumoral, bactericida, dentre outros (FERREIRA-FERNANDES et al., 2019; GIMENEZ et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019a, 2019b; SUNDERAM et al., 2019; SANTOS et al., 2018; JAISWAL et al., 2017; LEITE et al., 2016; AISWARYA et al., 2011; 2010; ANDRADE, 2011; CHAVES et al., 2010).

A resistência à certos medicamentos no tratamento de diversas enfermidades, impulsiona o interesse de pesquisadores para a utilização de bioativos de origem natural (BEAVOGUI et al., 2020; TOMCHINSKY et al., 2017). Neste sentido, dentre as espécies vegetais que estão inseridas na cultura popular como plantas que apresentam potencial medicinal, destaca-se o vegetal *A. occidentale*, que vem sendo alvo de diversas pesquisas científicas em que se incluem investigações etnobotânica, etnofarmacológica e nutricional, com ampla utilização das cascas do caule, casca da castanha, pedúnculo, ramos, raiz, folhas, frutos e goma, que corresponde a um exudado (fonte proteica) obtido do tronco do cajueiro. De forma abrangente, todas as partes do cajueiro são popularmente utilizadas para tratamento de doenças, na forma de decocção, infusão, extratos alcoólicos e hidroalcoólicos, dentre outros (LEITE et al., 2016; CORREIA, 2006; GONÇALVES, 2005; TORQUATO et al., 2004; PAIVA et al., 2000).

Na medicina popular, o uso de plantas medicinais também é muito comum para o tratamento de doenças bucais, tais como: cáries, placas dentárias, sangramento de gengivas e inflamações (FERNANDES et al., 2019; VIEIRA et al., 2014). Neste sentido, pesquisas recentes mostram que o vegetal *A. occidentale* L. é utilizado no

tratamento da saúde bucal, sendo mais comumente relatado as ações cicatrizante (pós extração dentária), analgésica (combate dor de dente) e anti-inflamatória (FATIMA et al., 2018; SOUZA et al., 2016; ALELUIA et al., 2015). Citando um exemplo, Furtado et al. (2014) verificaram a propriedade antimicrobiana do extrato do rejeito orgânico (bagaço) proveniente do pedúnculo do caju, contra um importante patógeno responsável pela formação de biofilme e subsequentemente carie dental (*Streptococcus mutans*). Estudo subsequente com extratos obtidos de folhas e cascas de *A. occidentale* aplicados no combate a bactérias que se proliferam na boca, resultaram no desenvolvimento de um produto de higienização bucal (pasta de dente) (HASNAIN et al., 2018).

De forma abrangente, pesquisas farmacológicas realizadas com os extratos polares obtidos das cascas de *A. occidentale*, foram desenvolvidas com o intuito de comprovar as utilidades etnobotânicas atribuídas a este vegetal, tendo sido comprovado as atividades anti-inflamatória, antinociceptiva (VANDERLINDE et al., 2009), antimutagênica (BARCELOS et al., 2007), antioxidante (GOMES et al., 2006) e cicatrizante (LOPES et al., 2010). A goma (material resinoso) obtida de *A. occidentale*, apresentou atividade antitumoral, microbiológica e hipoglicêmica (KUMAR et al., 2012; MOTHÉ et al., 2008; TORQUATO et al., 2004).

O pedúnculo de caju é considerado uma fonte valiosa de minerais e vitaminas, além de apresentar um bom percentual de hidratos de carbono não-digeríveis, as fibras (GIMENEZ, et al., 2019; SILVA, et al., 2018a; USLU; ÖZCAN, 2017; SETIANTO, 2009; TREVISAN, 2006; MARÍN et al., 2002; PUUPPONEN-PIMIA et al., 2002; PARAMASHIVAPPA, 2001). Este recurso natural é alvo de estudos aplicados nas terapêuticas nutritiva e medicinal, com comprovada ação antioxidante, diurética, sudorífera, depurativa, antissifilítica, expectorante, contra bronquite, diarreia, icterícia e inflamações em geral (ANDRADE , 2011; RUFINO et al., 2010; LUZ, 2001; LUZ, 2001).

Metabólitos especiais tais como: ácidos anacárdicos, cardóis e fenóis alquílicos, extraídos do líquido da castanha de caju apresentaram atividade antioxidante (ANDRADE, 2011; CHAVES et al., 2010; TREVISAN, 2006). A identificação de ácidos anacárdicos, cardóis, de alquil-fenóis e derivados de 2-metilcardóis encontrados no extrato bruto de *A. occidentale*, sugere um potencial biológico relevante no combate à malária, que segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) afetou milhões de pessoas em 2016 (GIMENEZ et al., 2019). Neste

cenário, Broinizi et al. (2007) e Felix et al. (2018) concluíram que o bagaço do caju é uma fonte excelente de antioxidantes e pode ser considerado uma importante biomassa de baixo custo para diversas aplicações biotecnológicas.

4. APROVEITANDO AGROINDUSTRIAL DO RESÍDUO ORGÂNICO OBTIDO DO PEDÚNCULO DE CAJU.

O setor industrial alimentício gera grandes quantidades de resíduos provenientes de seus processamentos ocasionando descarte orgânico que é fonte de contaminação ambiental. A preservação do meio ambiente está cientificamente vinculada as inovações biotecnológicas e no setor agroindustrial, os resíduos orgânicos provenientes de alimentos possibilitam o desenvolvimento de tecnologia sustentável.

Com relação a inovação de produtos alimentícios destaca-se a produção de novos alimentos com valor nutricional superior ao alimento *in natura*, bem como o aproveitamento integral dos alimentos, com utilização de partes que seriam descartadas, como talos, folhas, cascas, sementes e bagaços que por serem nutritivos se tornam biomassas úteis na elaboração de farinhas e produtos de panificações que poderão atender a demanda do crescimento biotecnológico da indústria alimentícia, bem como esclarecer a população das classes economicamente menos favorecidas a prepararem seu próprio alimento funcional.

Neste contexto, alimentos com ações benéficas ao organismo são classificados como funcionais (ou nutracêuticos) e atuam na manutenção da saúde, reduzem riscos de enfermidades com diminuição do colesterol de baixa densidade (LDL, Low-density lipoprotein), atuam na fisiologia do trato gastrointestinal, protegem contra câncer, regulam o metabolismo de lipídios e carboidratos, dentre outros benefícios (DE SOUZA et al., 2020; PINTO et al., 2011; RIBEIRO; FINZER, 2010).

Produtos de panificação preparados a base de farinha de trigo são largamente consumidos. No entanto, em função de algumas restrições, tais como: novas tendências de consumo, hábitos alimentares mais saudáveis, exigências comerciais pela necessidade de diversificação de produtos, inovação tecnológica e restrições econômicas, estudos científicos têm sido realizados no sentido de substituir o trigo. Pesquisas acadêmicas relatam que a ingestão de alimentos ricos em fibras diminuiu ao longo do tempo, tendo sido necessário adicionar fibras em alguns alimentos industrializados, como meio alternativo para compensar a deficiência deste

componente na dieta diária (ALMEIDA et al., 2012; PINTO et al., 2011; RIBEIRO; FINZER, 2010; MATIAS et al., 2005).

Neste cenário, considerando o aproveitamento industrial do caju, apenas 15% do pedúnculo tem aproveitamento na produção de bebidas (sucos, vinhos, cachaças, licores). A justificativa do baixo uso é dada pela rápida deterioração do pseudofruto. Durante o uso do caju em fábricas de polpa de fruta após a extração do sumo total, resta apenas o “bagaço” que é o resíduo (ou rejeito) orgânico do pedúnculo de caju, que em percentual elevado (85%), passa a ser considerado lixo orgânico. Dentre os fatores que influenciam o elevado desperdício do pseudofruto na sua forma *in natura* ou de descarte (bagaço do caju), destacam-se o curto período de safra, preservação do caju na pós-colheita, e a reduzida capacidade de processamento industrial (em função dos fatores acima destacados) (SIQUEIRA; BRITO, 2013).

Dentre as soluções viáveis para o aproveitamento do bagaço do caju encontram-se a produção de farinhas e produtos derivados desta biomassa. A Tabela 1 mostra valores ($\text{g} \times 100 \text{ g}^{-1}$ ou $\% \times 100 \text{ g}^{-1}$) os dados físico-químicos e algumas das aplicabilidades de farinhas obtidas do rejeito de pedúnculo de caju.

Tabela 1: Composição físico-química de farinhas preparadas com resíduos orgânicos provenientes do pedúnculo de caju.

COMPONENTES	NAM et al., 2014	ALCÂNTARA, 2013	ANDRADE, 2013	NUNES, 2013	ALMEIDA, 2012	SUCUPIRA, 2012	AREMU et al., 2006
UMIDADE*	-	14,73	6,82	10,42	-	-	6,00
PROTEÍNA*	0,16**	-	9,65	20,08	9,75	-	25,00
FIBRA*	1,00**	-	-	21,15	3,92	-	1,00
ALIMENTAR							
CARBOIDRATOS*	-	31,12	76,68	29,10	48,96	10,82	27,00
LIPÍDEOS*	0,50**	-	5,43	38,94	71,20	-	29,00
pH	-	4,15	4,30	-	-	4,33	-
ACIDEZ TOTAL	-	-	-	-	-	0,30	-
CINZAS	0,30	2,07	-	1,45	-	-	-
PRODUTOS OBTIDOS	FC	bioetanol e processos alimentícios	FC	barras de cereais	Macarrão	-	-

Valores em $\% \text{ em } \text{g} \times 100 \text{ g}^{-1}$

**Valores de mediana máxima em $\% \times 100 \text{ g}^{-1}$

Fonte: Os autores.

De acordo com registros científicos o pedúnculo de caju contém cerca de 156 mg a 387 mg de vitamina C, 14,7 mg de cálcio, 32,55 mg de fósforo e 0,575 mg de ferro por 100 mL de suco, dentre outros mineirais (magnésio, manganês, potássio e fósforo). Possui, ainda, outros componentes: carboidratos (mediana em torno de 36,5 calorias/100 g de caju), β -caroteno (provitamina A), vitaminas do complexo B, compostos fenólicos (ácidos anacárdicos, cardóis, taninos e flavonoides), bem como

antocianinas e fitoesteróis (ANDRADE, 2011; OLIVEIRA, 2011; SULAIMAN et al., 2011; RUFINO et al., 2010; SETIANTO, 2009; BRITO et al., 2007; LIMA et al., 2007; TREVISAN, 2006; PARAMASHIVAPPA, 2001; TOYOMIZU et al., 1993; KUBO et al., 1986).

Na Tabela 2 encontra-se o detalhamento da composição físico-química do pseudofruto de caju das variedades vermelho e amarelo (BLEINROTH, 1978). Neste estudo comparativo não foram observadas diferenças significativas para os parâmetros avaliados.

Apesar do aumento do consumo *in natura* do pedúnculo de caju para produção de bebidas, farinhas, doces, dentre outros, estima-se que o desperdício deste pseudofruto atinge 1,5 milhões de toneladas. Na Tabela 3 destacam-se alguns exemplos aplicativos do aproveitamento da farinha do bagaço do caju para produção de diversos produtos. Destacando um exemplo, Mouchrek Filho et al. (2002) utilizaram o pedúnculo de caju (pH 3,30; acidez total 118 meq/L; cinzas 1,93) para fabricação de vinho.

Tabela 2: Composição físico-química do pedúnculo de caju nas variedades vermelho e amarelo.

Determinações	Vermelho	Amarelo
Umidade (%)	86,07	86,62
Cinzas (%)	0,38	0,37
Sólidos solúveis (°Brix)	10,38	10,66
Açúcares redutores (%)	8,00	7,95
Açúcares não redutores (%)	0,38	0,38
(%) pH	4,48	4,27
Acidez total titulável (% ác. málico)	0,336	0,418
Ácido ascórbico (mg/100g)	204,0	197,50
Tanino (mg/100 mL)	0,403	0,345

Fonte: BLEINROTH, 1978

Tabela 3: Aproveitamento de farinhas obtidas do resíduo de caju para a produção industrial.

Tipo da Farinha	Composição da Mistura	Produto/ Aplicação
Foi utilizado farinha de goiaba vermelha e farinha de caju. O resíduo das empresas de polpa foi seco em estufa, até peso constante. Seguido de processo de trituração e armazenamento.	Manteiga, farinha de trigo, açúcar e farinha obtida a partir do resíduo de pedúnculo de caju desidratado e goiaba desidratada.	Cookie MATIAS et al., 2005
Farinha obtida a partir do resíduo de pedúnculo de caju desidratado.	Corte de músculo bovino moído (86,7%), resíduo de pedúnculo de caju desidratado (9%) e condimentos (4,3%).	Hamburguer PINHO et al., 2011
Os pedúnculos de caju foram desintegrados em liquidificador doméstico, utilizando-se peneiras plásticas para separação da fibra e do suco. A fibra, ainda úmida, foi prensada manualmente, com auxílio de peneiras plásticas para retirada do excesso de umidade.	Fibra de caju temperada*, carne moída, ovo, farinha de trigo e sal. *Tempero: alho, pimentão, cebola, tomate, sal, pimenta e corante.	Hamburguer BARROS et al., 2012
Para a elaboração de hamburguer vegetal, utilizaram fibra de caju em associação à proteína texturizada de soja. Os dois tratamentos utilizados para a redução do tamanho da fibra (prensagem mecânica associada ou não à maceração enzimática).	Para a preparação dos hamburguers utilizaram como ingredientes: fibra de caju prensada ou fibra de caju prensada e macerada (27,0%), proteína de soja texturizada (27,0%), tomate (16,3%), cebola (5,5%), pimentão (3,1%), alho (0,9%), pimenta em pó (0,1%), salsa desidratada (0,2%), sal (1,2%), óleo de milho (1,0%), farinha de trigo (8,0%) e água (9,7%). Os materiais foram misturados e cozidos até formar uma massa homogênea, que foi moldada na forma de hambúrguer com peso individual de 80 g.	Hamburguer LIMA et al., 2017
A fibra (resíduo remanescente da extração do suco de caju) foi lavada e prensada em <i>expeller</i> por cinco vezes. O feijão-caupi foi macerado em água e após remoção da casca, moído para obtenção de uma pasta. Os hambúrgueres foram obtidos pela mistura da fibra de caju, da pasta de caupi e de outros ingredientes	Fibra de caju e pasta de feijão-caupi (55,2%), juntamente com: tomate (21,2%), cebola (6,4%), pimentão (7,4%), alho (1,3%), sal (0,9%), óleo de milho (1,3%) e água (6,3%). Os ingredientes foram cozidos juntos, em seguida, produziu-se unidades de 80 g. de	Hamburguer LIMA et al., 2018

usados em receitas tradicionais, moldados e congelados.	biomassa vegetal para a produção de Hamburger.	
O bagaço utilizado foi obtido do processamento do pseudofruto desidratado (48h em área cimentada). Após a pesagem e homogeneização, o material foi compactado nos silos, através de pisoteamento.	Estudou-se silagens de capim elefante pura (SP) e com adição de 12% de bagaço de caju desidratado (SCC) suplementadas com dois níveis de concentrado (1,5% e 2,5% do peso vivo).	Ração Animal TEIXEIRA et al., 2003
Bagaço de caju originado do processamento dos pedúnculos de caju utilizados na fabricação de sucos da empresa MAISA em Mossoró - RN.	Foram estudados níveis de adição de bagaço de caju com base na matéria natural capim-elefante.	Ração Animal FERREIRA et al., 2004; RODRIGUES et al., 2011
O bagaço utilizado foi obtido do processamento do pseudofruto desidratado até peso constante. Seguido de processo de trituração e armazenamento.	Obtenção de farinha do pseudofruto de caju para disponibilizar como fonte alimentícia rica em fibra e vitamina C.	Produtos de Panificação DA COSTA et al., 2009
O bagaço utilizado foi obtido do processamento do pseudofruto desidratado até peso constante. Seguido de processo hidrólise enzimática e armazenamento do material obtido.	Obtenção de farinha do pseudofruto de caju para disponibilizar como fonte alimentícia rica em fibra e vitamina C.	Produtos de Panificação NAM et al., 2014
O bagaço do pseudofruto processado para produzir cinza.	Obtenção de cinzas contendo: C, O, P, K, Mg, S, Na, Al, Si, KHCO_3 , K_2SO_4 , $\text{MGKPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.	Fertilizante SANTOS et al., 2007

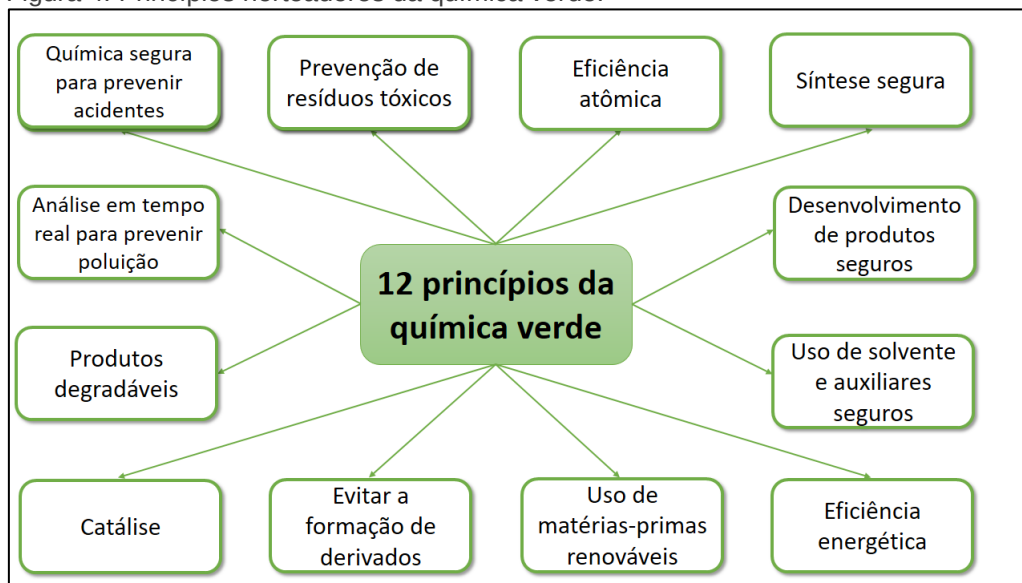
Fonte: Os autores.

5. *Anacardium occidentale* LINN. APLICADO EM QUÍMICA VERDE.

Nos últimos anos ocorreu aumento significativo no número de pesquisas que abordavam temas relacionados a química verde, com destaque para a utilização de biomassas vegetais, desenvolvimento de energias renováveis, e produção de materiais sustentáveis (ZUIN et al., 2020). Para indústria química, os benefícios em se produzir biomassas sustentáveis favorece o ecossistema mundial, já que, além de ser matéria prima renovável de baixo custo, reduz os índices de agentes poluentes, e favorece, ainda, o reaproveitamento de recursos naturais (SOLARIN; BELLO, 2019). Neste novo cenário, as responsabilidades sociais e corporativas tornaram-se essenciais para o crescimento de empresas que operam de forma sustentáveis. Desta

forma, em todo o mundo, a implementação dos princípios da química verde se tornou uma prática de gerenciamento nas diversas áreas do setor industrial, visando tanto o crescimento econômico como os cuidados ambientais (CHEN et al., 2020; ANASTAS; EGHBALI, 2010). Na Figura 4 (autoria própria) encontram-se destacados doze (12) princípios que são os norteadores da química verde.

Figura 4: Princípios norteadores da química verde.



Fonte: Os autores.

Em todo o mundo, o Brasil representa uma das principais potências para assumir a liderança no aproveitamento de biomassas vegetais, em função de ser um dos maiores geradores de resíduos agroindustriais, tais como: bagaços de caju, cana-de-açúcar e milho, bem como cascas de arroz, de coco verde e de frutas em geral, dentre outros resíduos agrícolas responsáveis pela produção de energia sustentável, que servem de matéria-prima regional para novos usos industriais (FERREIRA et al., 2018; WELFLE, 2017).

A espécie *A. occidentale* Linn. desempenha um papel muito importante no setor industrial, por comprovadamente, agregar valor econômico e sustentável ao setor agroindustrial do Brasil (AMBARDINI, 2016). Citando algumas aplicações deste vegetal: **i)** o bagaço do caju é uma importante matéria prima para aplicação energética do biogás, para produção de etanol (SILVA et al., 2018b; MEDEIROS et al., 2017); **ii)** o aproveitamento da castanha do caju gera vários subprodutos ricos em compostos fenólicos que são utilizados no preparo de revestimentos laminados (SHARMA et al., 2020); **iii)** as cascas do caju são aplicadas na confecção de nanopartículas com

propriedades microbiológica e optoeletrônicas (OLIVEIRA et al., 2019a; BONATTO; SILVA, 2014); **iv)** o rejeito orgânico obtido do pedúnculo do caju, tem amplo uso no setor alimentício (LIMA et al., 2018; NAM et al., 2014; RODRIGUES et al., 2011); **v)** as biomassas do cajueiro são amplamente aplicadas em pesquisas medicinais (FERNANDES et al., 2019; GIMENEZ, et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019b; SUNDERAM, et al., 2019; JAISWAIL et al., 2017; SILVA, et al., 2018a; RODRIGUEZ et al., 2017).

Destacando algumas pesquisas em química verde: **i)** extratos obtidos das cascas e das folhas do vegetal *A. occidentale* foram aplicados na produção de inibidores de corrosão ecologicamente aceitáveis, com proposta alternativa competitiva com os produtos tóxicos que estão no mercado (MOHAMMED; SOBRI, 2018; ANJOS et al., 2013); **ii)** o uso de óleos essenciais extraídos das folhas de *A. occidentale* que têm aplicação na catalise de redução do ácido úrico que é aplicado em processos de geração de nanopartículas (SHENY et al., 2012).

REFERÊNCIAS.

- AISAWARYA, G.; REZA, K. H.; RADHIKA, G.; RAHUL, G.; SIDHAYE, V. Study for anthelmintic activity of cashew apple (*Anacardium occidentale*) extract. *International Journal Pharmaceutical Sciences Review and Research*, v.6, n.1, p.44-47, 2010.
- AISAWARYA, G.; REZA, K. H.; RADHIKA, G.; FAROOK, S. M. Study for antibacterial activity of cashew apple (*Anacardium occidentale*) extracts. *Scholars Research Library*, p.193-200, 2011.
- ALCÂNTARA, S. R.; SOUZA, C. A.; ALMEIDA, F. A.; GOMES, J. P. Caracterização físico-química das farinhas do pedúnculo do caju e da casca do maracujá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.15, n.4, p.349-355, 2013.
- ALELUIA, C. M.; PROCÓPIO, V. C.; OLIVEIRA, M. T. G.; FURTADO, P. G. S.; GIOVANNINI, J. F. G.; MENDONÇA, S. M. S. Fitoterápicos na odontologia. *Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo*. v.27, n.2, p.126-134, 2015.
- ALMEIDA, E. D.; SILVA, G. I.; DIAS, M. D.; SUZA, M. F.; SILVA, R. B. Enriquecimento de macarrão com farinha de caju (*Anacardium occidentale*). *Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*, Palmas, 2012.
- AMBARDINI, S. Biomassa bibit tanaman jambu mete (*Anacardium occidentale* L.) yang ditanam pada tanah pascatambang emas bombana dengan variasi pupuk kandang. *Al-Kauniyah Jurnal Biologi*, v.7, n.2, p.74-82, 2016.
- ANASTAS, P.; EGHBALI, N. Green chemistry: principles and practice. *Chemical Society Reviews*, v.39, n.1, p.301-312, 2010.
- ANDRADE, T. J. A. S.; ARAUJO, B. Q.; CITÓ, A. M. G. L.; SAFFI, J.; RICHTER, M. F.; FERRAZ, A. B. F. Antioxidant properties and chemical composition of technical cashew nut shell liquid (tCNSL). *Food Chemistry*, v.126, n.1, p.1044-1048, 2011.
- ANJOS, G. C.; ALMEIDA, C. C.; MELO, D. M. A.; MARTINEZ-HUITLE, C. A.; ROSSI, C. G. F. T.; MACIEL, M. A. M. Eficiência de *Anacardium occidentale* Linn em um sistema microemulsionado na inibição a corrosão de aço carbono. *Revista Virtual de Química*, v.5, p.760-769, 2013.
- ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): Variety and geographic effects. *Food Chemistry*, v.81, n.4, p.495-502, 2003.
- BARCELOS, G. R. M.; SHIMABUKURU, F.; MORI, M. P.; MACIEL, M. A. M.; COLUS, I. M. S. Evaluation of mutagenicity and antimutagenicity of cashew stem bark methanolic extract *in vitro*. *Journal of Ethnopharmacology*, n.114 p. 268-273, 2007.
- BARROS, L. M.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; ARAÚJO, J. P. P. Cajueiro. In. BRUCKNER, C. H. (Ed.). *Melhoramento de fruteiras tropicais*. Viçosa: UFV, 2002. p.159-176.
- BARROS, N. V. A.; COSTA, N. Q.; PORTO, R. G. C. L.; MORGANO, M. A.; ARAUJO, M. A. M.; ARAUJO, R. S. R. M. Elaboração de hambúrguer enriquecido com fibras de caju (*Anacardium occidentale*). *Curitiba*, v.30, n.2, p.315-325, 2012.
Disponível em <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/alimentos/article/view/30509>.

BEAVOUGUI, A. H.; DELAMOU, A.; CAMARÁ, B. S.; CAMARÁ, D.; KOUROUMA, K.; CAMARÁ, R.; SAGARA, I.; LAMA, E. K.; DJIMDE, A. Prevalence of malaria and factors associated with infection in children aged 6 months to 9 years in Guinea: Results from a national cross-sectional study. *Parasite Epidemiology and Control*, v.11, p.00162-00169, 2020.

BLEINROTH, E. W., Frutas tropicais: caju. In. MEDINA, J. C. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas: ITAL, 1978.

BRITO, E. S.; ARAÚJO, M. C. P.; LIN, L.; HARNLY, J. Determination of the flavonoid components of cashew apple (*Anacardium occidentale*) by LC-DAD-ESI/MS. *Food Chemistry*, v.105, n.3, p.1112-1118, 2007.

BROINIZI, P. R. B.; ANDRADE-WARTHA, E. R. S.; SILVA, A. M. O. E.; NOVOA, A. J. V.; TORRES, R. P.; AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E.; MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.). *Food Science and Technology*, v.27, n.4, p.902-908, 2007.

BONATTO, C. C.; SILVA, L. P. Higher temperatures speed up the growth and control the size and optoelectrical properties of silver nanoparticles greenly synthesized by cashew nutshells. *Industrial Crops and Products*, v.58, p.46-54, 2014.

CARTAXO, S. L.; SOUZA, M. M. A.; ALBUQUERQUE, U. P. Medicinal plants with bioprospecting potential used in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, v.131, n.2, p.326-342, 2010.

CHAVES, M. H.; CITÓ, A. M. G. L.; LOPES, J. A. D.; COSTA, D. A. C.; OLIVEIRA, C. A. A.; COSTA, A. F.; JÚNIOR, F. E. M. B. Fenóis totais, atividade antioxidante e constituintes químicos de extratos de *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.20, n.1, p.106-112, 2010.

CHEN, T. L.; KIM, H.; PAN, S. Y.; TSENG, P. C.; LIN, Y. C.; CHIANG, P. C. Implementation of green chemistry principles in circular economy system towards sustainable development goals: challenges and perspectives. *Science of The Total Environment*, v.716, p.13699810-136998, 2020.

CORREIA, S. J.; DAVID, J. P.; DAVID, J. M. Metabólitos secundários de espécies de Anacardiaceae. *Química Nova*, v.29, n.6, p.1287-1300, 2006.

DA COSTA, J. M. C.; FELIPE, E. M. F.; MAIA, G. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; BRASIL, I. M. Production and characterization of the cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) and guava (*Psidium guajava* L.) fruit powders. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.33, n.IS1, p.299-312, 2009.

DE BRITO, E. S. B.; ARAÚJO, M. C. P.; LIN, L.; HAMLY, J. Determination of the flavonoid components of cashew apple (*Anacardium occidentale*) by LC-DAD-ESI/MS. *Food Chemistry*, v.105, n.3, p.1112-1118, 2007.

DOS SANTOS, J. O.; MAYO, S. J.; BITTENCOURT, C. B.; ANDRADE, I. M. DE. Genetic diversity in wild populations of the restinga ecotype of the cashew (*Anacardium occidentale*) in coastal Piauí, Brazil. *Plant Systematics and Evolution*, v. 305, p. 913-924, 2019.

DE SOUZA, F. R. M.; SANTOS, N. G. S.; PADILHA, D. M. M.; BEZERRA, D. S.; FELIPE, M. B. M. C.; RAMALHO, H. M. M. Probiotic fermented milk added with cashew pulp

(*Anacardium occidentale*): formulation, physicochemical, microbiological and sensory characteristics. *Research, Society and Development*, v 9, n.8, e990986753, 2020.
FAO (Food and Agriculture Organization). FAOSTAT. FAO Statistics Division 2008.
Disponível em <http://faostat.fao.org/site>.

FATIMA, A.; AHMAD, M.; ZAFAR, M.; YASEEN, G.; KHAN, M. P. Z.; BUTT, M. A.; SULTANA, S. Ethnopharmacological relevance of medicinal plants used for the treatment of oral diseases in Central Punjab-Pakistan. *Journal of Herbal Medicine*, v.12, p.88-110, 2018.

FELIX, A. C. S.; ALVAREZ, L. D. G.; SANTANA, R. A.; VALASQUES-JUNIOR, G. L.; BEZERRA, M. A.; DE OLIVEIRA NETO, N. M.; LIMA, E. O.; DE OLIVEIRA FILHO, A. A.; FRANCO, M.; DO NASCIMENTO JUNIOR, B. B. Application of experimental designs for evaluate the total phenolics content and antioxidant activity of cashew apple bagasse. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, v.17, n.1, p.165-175, 2018.

FERNANDES, H. F.; BARROS, M. A. L.; FILHO, M. D. S.; MEDEIROS, J. V. R.; VASCONCELOS, D. F. P.; SILVA, D. A.; LEÓDIDO, A. C. M.; SILVA, F. R. P.; FRANÇA, L. F. C.; LENARDO, D. D.; YOSHIOKA, F. K. N.; REY, J. A.; BURBANO, R. R.; PINTO, G. R. Topical application of cashew gum or chlorhexidine gel reduces overexpression of proinflammatory genes in experimental periodontitis. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.128, p. 934-940, 2019.

FERREIRA, A. C. H.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M.; LOBO, R. N. B.; VASCONCELOS, V. R. Valor nutritivo das silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1380-1385, 2004.

FERREIRA, L. R. A.; OTTO, R. B.; SILVA, F. P.; SOUZA, S. N. M.; SOUZA, S. S.; JUNIOR, O. H. A. Review of the energy potential of the residual biomass for the distributed generation in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.94, p.440-455, 2018.

FURTADO, M.; ALVES, F.; MARTINS, J.; VASCONCELOS, M.; RAMOS, V.; SOUSA, G.; SILVA, A.; FARIAS, W.; CAVADA, B.; TEIXEIRA, E.; SANTOS, R. Effect of cashew (*Anacardium occidentale* L.) peduncle bagasse extract on *Streptococcus mutans* and its biofilm. *Revista Brasileira de Biociências*, v.12, n.1, p.9-13, 2014.

GARRUTI, D. S.; FRANCO, M. R. B.; SILVA, M. A. A. P.; JANZANTTI, N. S.; ALVES, G. L. Assessment of aroma impact compounds in a cashew apple-based alcoholic beverage by GC-MS and GC-olfactometry. *LWT - Food Science and Technology*, v.39, n.4, p.372-377, 2006.

GIMENEZ, V. M. M.; ALVARENGA, T. A.; GROPPPO, M.; SILVA, M. L. A. E.; CUNHA, W. R.; JANUÁRIO, A. H.; SMILKSTEIN, M. J.; RISCOEC, M. K.; PAULETTI, P. M. Antiplasmodial evaluation of *Anacardium occidentale* and alkyl-phenols. *Revista Brasileira de Farmacognosia* v.29, p.36-39, 2019.

GOMES, F. E. S.; ANJOS, G. C.; DANTAS, T. N. C.; MACIEL, M. A. M.; ESTEVES, A.; ECHEVARRIA, A. Obtenção de nanoformulações do tipo microemulsão objetivando a biodisponibilização de *Anacardium occidentale* e sua eficiência como agente antioxidante. *Revista Fitos*, v.2, n.3, p.82-88, 2006.

GONÇALVES, J. L. S.; LOPES, R. C.; OLIVEIRA, D. B.; COSTA, S. S.; MIRANDA, M. M. F. S.; ROMANOS, M. T. V.; SANTOS, N. S. O.; WIGG, M. D. *In vitro* anti-rotavirus activity of some medicinal plants used in Brazil against diarrhea. *Journal of Ethnopharmacology*, v.99, n.3, p.403-407, 2005.

HASNAIN, S.; RISHISHWAR, P.; RISHISHWAR, S.; Sadath ALI, S.; NAYAK, A. K. Extraction and characterization of cashew tree (*Anacardium occidentale*) gum; use in aceclofenac dental pastes. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.116, p.1074-1081, 2018.

IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br>.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro. IBGE, v.25, n.08, p.1-88, 2012.

JAISWAL, Y. S.; TATKE, P. A.; GABHE, S. Y.; VAIDYA, A. B. Antidiabetic activity of extracts of *Anacardium occidentale* Linn. leaves on n-streptozotocin diabetic rats. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, v.7, n.4, p.421-427, 2017.

KUBO, I.; KOMATSU, S.; OCHI, M. Molluscicides from the cashew *Anacardium occidentale* and their large-scale isolation. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, v.34, n.6, p.970-973, 1986.

KUMAR, A.; MOIN, A.; SHRUTHI, R.; AHMED, A.; SHIVAKUMAR, H. G. Cashew gum a versatile hydrophylic polymer: a review. *Current drug Therapy*, v.7, n.1, p.2-12, 2012.

LEITE, D. F. L.; AGUIAR, E. M.; HOLANDA, J. S.; RANGEL, A. H. N.; AURELIANO, I. P. L.; MEDEIROS, V. B.; JÚNIOR, D. M. L. Valor nutritivo do resíduo de caju desidratado associado a diferentes concentrados. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.7, n.1, p.66-72, 2013.

LEITE, A. S.; ISLAM, M. T.; JÚNIOR, A. L. G.; SOUSA, J. M. C.; ALENCAR, M. V. O. B.; PAZ, M. F. C. J.; ROLIM, H. M. L.; MEDEIROS, M. G. F.; MELO-CAVALCANTE, A. A. C.; LOPES, J. A. D. Pharmacological properties of cashew (*Anacardium occidentale*). *African Journal of Biotechnology*, v.15, n.35, p.1855-1863, 2016.

LIMA, V. P. M. S. A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil, Banco do Nordeste do Brasil-ETENE: Fortaleza, 1988.

LIMA, E. S.; SILVA, E. G.; MOITA, J. M. N.; MOITA, G. C. Redução de vitamina C em suco de caju (*Anacardium occidentale* L.) industrializado e cajuína. *Química Nova*, v.30, n.5, p.1143-1146, 2007.

LIMA, J. R.; GARRUTI, D. S.; PINTO, G. A. S.; MAGALHÃES, H. C. R.; MACHADO, T. F. Vegetal burgers of cashew fiber and texturized soy protein. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.39, n.3, 2017.

LIMA, J. R.; GARRUTI, D. D. S.; MACHADO, T. F.; ARAÚJO, Í. M. D. S. Vegetal burgers of cashew fiber and cowpea: formulation, characterization and stability during frozen storage. *Revista Ciência Agronômica*, v.49, n.4, p.708-714, 2018.

LOPES, V. S.; ASSIS, Z. M. S.; GALDINO, V. S.; ARAÚJO, I. S.; CAMACHO, C. L.; CHACON, D. P.; DANTAS, T. N. C.; MACIEL, M. A. M. Clinical Evaluation of *Anacardium occidentale*. In: *Medicinal Plants: Phytochemistry, Pharmacology and Therapeutics*, Edts. V. K. Gupta; G. D. Singh, Surjeet Singh and A. Kaul. Daya Publishing House, v.1, chapter 25, p.406-412, 2010.

LUZ, F. J. F. Plantas medicinais de uso popular em Boa Vista, Roraima, Brasil. *Horticultura Brasileira*, v.19, n.1, p.88-96, 2001.

MACIEL, M. A. M.; PINTO, A. C.; VEIGA JR., V. F. Plantas Medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. *Química Nova*, v.25, n.3, p.429-438, 2002.

MACIEL, M. A. M.; GOMES, F. E. S.; SOARES, B. A.; GRYNBERG, N. F.; ECHEVARRIA, A.; CÓLUS, I. M. S.; KAISER, C.; MORAIS, W. A.; MAGALHÃES, N. S. S. Biological effectiveness and recent advancing of natural products on the discovery of anticancer agents. In: *Bioactive Phytochemicals: Perspectives for Modern Medicine*, 2(12), 239-293. Nova Delhi: Daya Publishing House, 2014.

MARÍN, F. R.; FRUTOS, M. J.; PÉREZ-ALVAREZ, J. Á.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, F.; DEL RÍO, J. A. Flavonoids as nutraceuticals: structural related antioxidante properties and their role an ascorbic acid preservation. *Studies in Natural Products Chemistry*, v.26, p.741-778, 2002.

MATIAS, M. F. O.; OLIVEIRA, E. L.; GERTRUDES, E.; MAGALHÃES, M. M. A. Use of fibres obtained from the cashew (*Anacardium occidentale* L.) and Guava (*Psidiumguayava*) fruits for enrichment of food products. ***Brazilian Archives of Biology and Technology***, v.48, n.spe, 2005.

MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. *Química Nova*, v.32, n.3, p.732-741, 2009.

MEDEIROS, L. L.; SILVA, F. L. H.; SANTOS, S. F. M.; MADRUGA, M. S.; MELO, D. J. N.; CONRADO, L. S. Bioconversion of hydrolyzed cashew peduncle bagasse for ethanol and xylitol production. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, p.488-492, 2017.

MOHAMMED, H.; SOBRI, S. Corrosion inhibition studies of cashew nut (*Anacardium occidentale*) on carbon steel in 1.0 M hydrochloric acid environment. *Materials Letters* , v.229, p.82-84, 2018.

MONTENEGRO, A. A. T.; CARBAJAL, A. C. R.; MESQUITA, A. L. M. Cultivo do cajueiro: sistema de produção. *Embrapa Agroindústria Tropical*, 2003. Disponibilizado em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/cultivodoCajueiro/index.htm>.

MOTHÉ, C. G.; SOUZA, I. V.; CALAZANS, G. M. T. Antitumor activity of cashew gum from *Anacardium occidentale* L. *Agro Food Industry*, v.19, n.6, p.38-40, 2008.

MOUCHREK FILHO, V. E. M.; NASCIMENTO, A.R.; FILHO, J. E. M.; SANTOS, A. A.; MARINHO, S. C.; MENDES, J. C.; LOPES, N. A.; MARTINS, A. G. L. A.; JUNIOR, A. V. G. Produção, processamento, análises físico-químicas e avaliação organoléptica do vinho obtido de caju (*Anacardium occidentale* L.). *Revista Higiene Alimentar*, v.16, n.97, p.36-48, 2002.

NAM, T. N.; MINH, N. P.; DAO, D. T. A. Investigation of processing conditions for dietary fiber production from cashew apple (*Anacardium Occidentale* L.) Residue. *International Journal of Scientific & Technology Research*, v.3, n.1, 2014.

NUNES, J. S.; SANTOS, I. M.; OLIVEIRA, T. W. N.; CASTRO, D. S.; FEITOSA, M. K. S. B. Produção, análise sensorial e físico-química de barras de cereal produzidas com derivados de caju. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.8, n.2, p.178-182, 2013.

OLIVEIRA, M. S. C.; MORAIS, S. M.; MAGALHÃES, D. V.; BATISTA, W. P.; VIEIRA, I. G. P.; CRAVEIRO, A. A.; MENEZES, J. E. S. A.; CARVALHO, A. F. U.; LIMA, G. P. G. Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. *Acta Tropica*, v.117, n.3, p.165-170, 2011.

OLIVEIRA, N. F. Isolamento dos constituintes do Tegumento da Castanha de Cajú (TCC) e avaliação do seu potencial como antioxidante natural. Tese de Doutorado. *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*. 2016.

OLIVEIRA, A. C. J.; ARAÚJO, A. R.; QUELEMES, P. V.; NADVORNY, D.; SOBRINHO, J. L. S.; LEITE, J. R. S. A.; FILHO, E. C. S.; SILVA, D. A. Solvent-free production of phthalated cashew gum for green synthesis of antimicrobial silver nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, v.213, p.176-183, 2019.

OLIVEIRA, A. S.; NASCIMENTO, J. R.; TROVÃO, L. O.; ALVES, P. C. S.; MACIEL, M. C. G.; SILVA, L. D. M.; MARQUES, A. A.; SANTOS, A. P. S. A.; SILVA, L. A.; NASCIMENTO, F. R. F.; GUERRA, R. N. M. The anti-inflammatory activity of *Anacardium occidentale* L. increases the lifespan of diabetic mice with lethal sepsis. *Journal of Ethnopharmacology*, v.236, p.345-353, 2019.

PAIVA, F. F. A.; GARRUTI, D. S.; NETO, R. M. S. Aproveitamento industrial do caju. Fortaleza: Embrapa agroindústria Tropical/SEBRAE-CE. *Documentos*, v.38, p.37-39, 2000. PAULINO, F. D. G. Polinização entomófila em cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no litoral de Pacajus-CE. Tese de Doutorado. *Universidade de São Paulo*. 1992.

PARAMASHIVAPPA, R.; KUMAR, P. P.; VITHAYATHIL, P. J.; RAO, A. S. Novel method for isolation of major phenolic constituents from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut shell liquid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.49, n.5, p.2548-2551, 2001.

PINHO, L. X.; AFONSO, M. R. A.; CARIOCA, J. O. B.; COSTA, J. M. C.; RYBKA, A. C. P. Desidratação e aproveitamento de resíduo de pedúnculo de caju com adição de fibra na elaboração de hambúrguer. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v.22, n.4, 2011.

PINTO, C. F.; MALTA, H. L.; CRUZ, R.S. Desenvolvimento e avaliação de biscoitos enriquecido com fibra de caju. *Universidade Estadual de Feira de Santana*, p.535-538, 2011.

PUUPPONEN-PIMIA, R.; AURA, A. M.; OSKMAN-CALDENTEY, K. M.; MYLLARINEN, P.; SAARELA, M.; MATTILA-SANDHOLM, T.; POUPATANEN, K. Development of functional ingredients for gut health. *Trends in Food Science Technology*, n.13, p.3-11, 2002.

RAMOS, L. S. N.; LOPES, J. B.; FIGUEIREDO, A. V.; FREITAS, A. C.; FARIAS, L. A.; SANTOS, L. S.; SILVA, H. O. Polpa de caju em rações para frangos de corte na fase final: desempenho e características de carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p.804-810, 2006.

RAMOS, G. Q.; COTTA, E. A.; DA FONSECA FILHO, H. D. Análise morfológica das folhas de *Anacardium occidentale* L. Biota Amazônia. *Biota Amazonia*, v.6, n.1, p.16-19, 2016.

RODRIGUES, M. R. C.; RONDINA, D.; ARAÚJO, A. A.; SOUZA, A. L.; NUNES-PINHEIRO, D. C.; FERNANDES, A. A. O.; IBIAPINA, F. L. Respostas reprodutivas e metabólicas de ovelhas alimentadas com bagaço de caju desidratado, durante o pós-parto. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.63, n.1, p.171-179, 2011.

RODRIGUEZ, O.; GOMEZ, W. F.; RODRIGUEZ, S.; FERNANDES, F. A. N. Effect of indirect cold plasma treatment on cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.). *Food Science*

and Technology, v.84, p.457-463, 2017.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, v.121, p.996-1002, 2010.

RIBEIRO, R. D.; FINZER, J. R. D. Desenvolvimento de biscoito tipo cookie com aproveitamento de farinha de sabugo de milho e casca de banana. *Revista Fazu*, Uberaba, n.7, p.120-124, 2010.

SANTOS, R. P.; SANTIAGO, A. A. X.; GADELHA, C. A. A.; CAJAZEIRAS, J. B.; CAVADA, B. S.; MARTINS, J. L.; OLIVEIRA, T. M.; BEZERRA, G. A.; SANTOS, R. P.; FREIRE, V. N. Production and characterization of the cashew (*Anacardium occidentale* L.) peduncle bagasse ashes. *Journal of Food Engineering*, v.79, n.4, p.1432-1437, 2007.

SANTOS, F. O. Atividades biológicas de *Anacardium occidentale* (Linn.). Dissertação de mestrado. *Universidade Federal de Campina Grande*. 2011.

SANTOS, J. A. S.; SENA, T. J. O.; SANTOS, K. B. da S.; COSTA, M. L. A. da; SANTOS, K. C. B. S.; SANTOS, A. F. Estudo do potencial antioxidante da *Anacardium occidentales* L. e determinação de seus compostos fenólicos. *Diversitas Journal*, v.3, n.2, p.455-474, 2018.

SETIANTO, W. B.; YOSHIKAWA, S.; SMITH JR, L.; INOMATA, H.; FLORUSSE, L. J.; PETERS, C. J. Pressure profile separation of phenolic liquid compounds from cashew (*Anacardium occidentale*) shell with supercritical carbon dioxide and aspects of its phase equilibria. *The Journal of Supercritical Fluids*, v.48, n.3, p.203-210, 2009.

SHARMA, P.; GAUR, V. K.; SIROHI, R.; LARROCHE, C.; KIM, S. H.; PANDEY, A. Valorization of cashew nut processing residues for industrial applications. *Industrial Crops and Products*, v.152, p.112550, 2020.

SHENY, D. S.; MATHEW, J.; PHILIP, D. Characterization of the synthesis and catalytic action of hexagonal gold nanoparticles using essential oils extracted from *Anacardium occidentale*. *Spectrochimica Acta Parte A: Espectroscopia Molecular e Biomolecular*, v.97, p.306-310, 2012.

SIQUEIRA, A. M. A.; BRITO, E. S. Aproveitamento do bagaço do caju para alimentação humana e utilização em outras indústrias de alimentos. In: ARAÚJO, J. P. P. de. (Ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, parte 5, Capítulos 3, p.349-362, 2013.

SILVA, D. P. B.; FLORENTINO, I. F.; MOREIRA, L. K. S.; Brito, A. F.; CARVALHO, V. V.; RODRIGUES, M. F.; VASCONCELOS, V. A.; VAZ, B. G.; JUNIOR, M. A. P.; FERNANDES, K. F.; COSTA, E. A. Chemical characterization and pharmacological assessment of polysaccharide free, standardized cashew gum extract (*Anacardium occidentale* L.). *Journal of Ethnopharmacology*, v.213, p.395-402, 2018a.

SILVA, S.; TASSARA, H. Frutas no Brasil. 4.ed. São Paulo: Empresa das Artes, 1996.
SILVA, J. S.; MENDES, J. J.; CORREIRA, A. A. C.; ROCHA, M. V. P.; MICOLI, L. Cashew apple bagasse as new feedstock for the hydrogen production using dark fermentation process. *Journal of Biotechnology*, v.286, p.71-78, 2018b.

SOARES, M. C. P. Would sacaca, *Croton cajucara* Benth (Euphorbiaceae) be na hepato Toxic plant like Germander, *Teucrium chamaedrys* L. (Labiatae). *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v.37, p.96-97, 2004.

SOLARIN, S. A.; BELLO, M. O. Interfuel substitution, biomass consumption, economic growth, and sustainable development: Evidence from Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v.211, p.1357-1366, 2019.

SOUZA, G. F. M.; SILVA, M. R. A.; MOTA, E. T.; LA TORRE, A. M.; GOMES, J. P. Plantas medicinais x raizeiros: uso na odontologia. *Revista de Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-facial*, v.16, p.21-29, 2016.

SOUZA FILHO, M. D. de. Potencial terapêutico e biotecnológico de um gel em orabase composto por polissacarídeo da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em modelo de periodontite. Tese de Doutorado. *Universidade Federal do Piauí*. 2018.

SULAIMAN, S. F.; SAJAK, A. A. B.; OOI, K. L.; SUPRIATNO; SEOW, E. M. Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.24, n.4-5, p.506-515, 2011.

SUNDERAM, V.; THIYAGARAJAN, D.; LAWRENCE, A. V.; MOHAMMED, S. S. S.; SELVARAJ, A. *In-vitro* antimicrobial and anticancer properties of green synthesized gold nanoparticles using *Anacardium occidentale* leaves extract. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v.26, n.3, p.455-459, 2019.

TEIXEIRA, M. C.; NEIVA, J. N. M. I.; MORAES, S. A.; CAVALCANTE, A. C. R.; LOBO, R. N. B.; CARIOCA, J. O. B. Desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* SCHUM) contendo ou não bagaço de caju (*Anacardium occidentale* L.). In: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 40, 2003, Santa Maria, RS; Otimizando a produção animal: anais; Santa Maria: *Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2003.

TOMCHINSKY, B.; MING, L. C.; KINUPP, V. F.; HIDALGO, A. F.; CHAVES, F. C. M. Ethnobotanical study of antimalarial plants in the middle region of the Negro River, Amazonas, Brazil, v. 43, p.203-212, 2017.

TORQUATO, D. S.; FERREIRA, M. L.; SÁ, G. C.; BRITO, E. S.; PINTO, G. A. S.; AZEVEDO, E. H. F. Evaluation of antimicrobial activity of cashew tree gum. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v.20, p.505-507, 2004.

TOYOMIZU, M.; SUGIYAMA, S.; JIN, R. L.; NAKATSU, T. β -Glucosidase and aldose reductase inhibitors: constituents of cashew, *Anacardium occidentale*, nut shell liquids. *Phytotherapy Research*, v.7, p.252-257, 1993.

TREVISAN, M. T. S; PFUNDSTEIN, B.; HAUBNER, R.; WUERTELE, G.; SPIEGELHALDER, B.; BARTSCH, H.; OWEN, R. W. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. *Food and Chemical Toxicology*, v.44, n.2, p.188-197, 2006.

USLU, N.; ÖZCAN, M. M.; Effect of microwave heating on phenolic compounds and fatty acid composition of cashew (*Anacardium occidentale*) nut and oil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, v.8, n.3, p.344-347, 2017.

VANDERLINDE, F. A.; LANDIM, H. F.; COSTA, E. A.; GALDINO, P. M.; MACIEL, M. A. M.; ANJOS, G. C.; MALVAR, D. C.; CÔRTEZ, W. S.; ROCHA, F. F. Evaluation of the antinociceptive and anti-inflammatory effects of the acetone extract from *Anacardium occidentale* L. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v.45, n.3, p.437-442, 2009.

VAUGHAN, J. G.; GEISSLER, C.; NICHOLSON, B. E.; DOWLE, E.; RICE, E. The New Oxford Book of Food Plants: A Guide to the Fruit, Vegetables, Herbs, and Spices of the World, 2nd. Edition, Oxford University Press, Oxford, U.K., 1997.

VEIGA Jr., V.F.; PINTO, A.C.; MACIEL, M.A.M. Plantas medicinais: cura segura? *Química Nova*. v.28, n.3, p.519-528, 2005.

VIEIRA, D. R. P.; AMARAL, F. M. M.; MACIEL, M. C. G.; NASCIMENTO, F. F. R. F.; LIBÉRIO, A. S. Plantas e constituintes químicos empregados em Odontologia: revisão de estudos etnofarmacológicos e de avaliação da atividade antimicrobiana *in vitro* em patógenos orais. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v.16, n.1, p.135-167, 2014.

ZUIN, V. G.; STAHL, A. M.; ZANOTTI, K.; SEGATTO, M. L. Green and Sustainable Chemistry in Latin America: which type of research is going on? And for what? *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, p.100379, 2020.

WELFLE, A. Balancing growing global bioenergy resource demands - Brazil's biomass potential and the availability of resource for trade. *Biomass and Bioenergy*. v.105, p.83-95, 2017.

SOBRE O ORGANIZADOR

Edilson Antonio Catapan: Doutor e Mestre em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (2005 e 2001), Especialista em Gestão de Concessionárias de Energia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná - UFPR (1997), Especialista em Engenharia Econômica pela Faculdade de Administração e Economia - FAE (1987) e Graduado em Administração pela Universidade Positivo (1984). Foi Executivo de Finanças por 33 anos (1980 a 2013) da Companhia Paranaense de Energia - COPEL/PR. Atuou como Coordenador do Curso de Administração da Faculdade da Indústria da Federação das Indústrias do Paraná - FIEP e Coordenador de Cursos de Pós-Graduação da FIEP. Foi Professor da UTFPR (CEFET/PR) de 1986 a 1998 e da PUCPR entre 1999 a 2008. Membro do Conselho Editorial da Revista Espaço e Energia, avaliador de Artigos do Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP e do Congresso Nacional de Excelência em Gestão - CNEG. Também atua como Editor Chefe das seguintes Revistas Acadêmicas: Brazilian Journal of Development, Brazilian Applied Science Review e Brazilian Journal of Health Review.

